

I. *Ueber Schaumkalk als Pseudomorphose von Aragonit; von Gustav Rose.*

(Vorgelesen in der Sitzung der phys.-math. Classe d. k. Akad. d. Wiss.
d. 3. Dec. 1855.)

Bei Wiederstädt im Mansfeld'schen kommt in derbem feinkörnigen Gyps eingewachsen, großblättriger Gyps vor, der gewöhnlich ganz, zuweilen aber nur theilweise in Schaumkalk (kohlensaure Kalkerde) umgewandelt ist. Der durchsichtige farblose Gyps ist dadurch schneeweifs, undurchsichtig und perlmutterglänzend geworden, die Form und selbst die Structur des Gypses hat sich aber noch erhalten, die schneeweifse Masse läfst sich noch in Blätter spalten, wiewohl diese viel brüchiger als in dem Gypse sind, die Blätterlagen liegen aber gewöhnlich nicht dicht übereinander, und dadurch wird der Perlmutterglanz und die Undurchsichtigkeit in gröfseren Stücken hervorgebracht. Wo der Gyps nur theilweise in Schaumkalk umgeändert ist, verläuft sich die weifse Masse in denselben, und geht vollkommen in ihn über.

Freiesleben, dem wir die erste gründliche Beschreibung des Schaumkalkes verdanken, gedenkt schon dieses Ueberganges des Gypses in Schaumkalk und fand ihn sehr merkwürdig ¹⁾, hielt ihn aber nicht für eine Umänderung des Gypses in kohlensaure Kalkerde, sondern für eine Verwachsung mit demselben. Blum ²⁾ stellte zuerst die Ansicht auf, dafs diese Verwachsung eine beginnende

1) Geognostischer Beitrag zur Kenntnifs des Kupferschiefergebirges, 1809, Bd. 2, S. 235.

2) Die Pseudomorphosen des Mineralreichs, 1843, S. 47.

Poggendorff's Annal. Bd. XCVII.

Umänderung des Gypses, und der Schaumkalk überhaupt eine Pseudomorphose sey, eine Ansicht, die auch jetzt allgemein angenommen ist. Blum begnügte sich hierbei nur die Thatsache anzuführen, daß bei dieser Umwandlung Schwefelsäure und Wasser verloren gegangen und gegen Kohlensäure ausgetauscht wären, Bischof ¹⁾ erklärte die Entstehung dieser Pseudomorphose den chemischen Gesetzen gemäß auf die Weise, daß er annahm, daß Gewässer, welche kohlensaures Natron aufgelöst enthalten hätten, mit dem Gyps in Berührung gekommen wären, wobei sich alsdann schwefelsaures Natron und kohlensaure Kalkerde gebildet hätten und ersteres von den Gewässern fortgeführt, letzteres in der Form des Schaumkalkes zurückgeblieben wäre. Aber auch er hielt wie Blum und Jedermann den Schaumkalk für eine Abänderung des Kalkspaths; daß dies ein Irrthum, und der Schaumkalk Aragonit sey, werde ich mich bemühen in dem Folgenden zu beweisen.

Der Schaumkalk ist, wie schon angeführt, schneeweiß und undurchsichtig, betrachtet man aber die Ränder dünner Blättchen unter dem Mikroskop, so erscheinen diese durchsichtig und wasserhell. Man sieht dann, daß der Schaumkalk aus lauter dünnen tafelartigen Krystallen besteht ²⁾, die alle eine unter einander parallele Lage haben, aber nicht dicht auf und an einander schliessen, und dadurch in dickeren Stücken undurchsichtig und perlmutterglänzend erscheinen. Die Krystalle scheinen rechtwinklige Tafeln zu seyn, aber von denselben sind nur die zwei parallelen langen Seiten zu sehen, an den Enden sind sie verbrochen und in der Mitte werden sie von verschiedenen laufenden Querrissen durchsetzt. Betrachtet man sie unter dem Mikroskop im polarisirten Lichte, so erscheinen die Tafeln von ganz gleicher Farbe, die sich nur da, wo zwei oder mehrere über einander liegen, verändert.

Wo der Schaumkalk in unveränderten Gyps übergeht,

1) Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie 1851, Bd. 2, S. 196.

2) Vergl. Taf. II Fig. 8, die sie bei 360 maliger Vergrößerung darstellt.

ziehen sich von der schneeweißen Masse des Schaumkalkes gerade und untereinander parallele Streifen in den wasserhellen Gyps hinein, die dem unbewaffneten Auge feinfaserig erscheinen (Taf. II Fig. 7). Unter dem Mikroskop erkennt man, daß die Fasern die länglichen tafelartigen Krystalle sind, aber man sieht sie auch hier selten an den Enden regelmäßig begränzt; nur einmal habe ich an den Krystallen, die in den unveränderten Gyps hineinragten, Endflächen gesehen, und denn waren es immer Flächen, die auf den Hauptflächen der Tafeln gerade aufgesetzt waren. Diefs ist kein Ansehen von Kalkspathkrystallen, aber es stimmt vollkommen mit dem von Aragonitkrystallen überein, denn in diesem Fall entsprechen die Hauptflächen der Tafeln den Längsflächen b des verticalen Prismas g von $116^{\circ} 16'$ (Taf. II Fig. 3), die Endflächen sind die Flächen eines Längsprismas, wahrscheinlich die Flächen des Längsprisma f , das eine Zuschärfung von $108^{\circ} 27'$ bildet, und am gewöhnlichsten beim Aragonit vorkommt.

Die Streifen des Schaumkalkes gehen, wie der Augenschein zeigt, stets einer Kante, welche die vollkommenste Spaltungsfläche des Gypses mit einer der beiden schiefwinkligen Spaltungsflächen bildet, parallel. Da sich die beiden schiefwinkligen Spaltungsflächen, die die Hauptspaltungsfläche rechtwinklig schneiden, und von denen bekanntlich die eine a (Taf. II Fig. 2) der Querfläche des verticalen Prismas g von $111^{\circ} 14'$ (Taf. II Fig. 1), die andere d' einer hintern schiefen Endfläche, der Abstumpfung der Kante von $138^{\circ} 44'$ des hintern schiefen Prismas o' parallel gehen, in ihrem Ansehen bestimmt von einander unterscheiden, indem die eine a häufig in muschligen Bruch überspringt, die andere d' ein faseriges Ansehen ¹⁾ hat, der

- 1) Das fasrige Ansehen dieser Spaltungsfläche rührt daher, daß der Gyps auch eine Spaltbarkeit parallel den Flächen des hinteren schiefen Prismas o' besitzt, und der Bruch nun beim Zerschlagen des Gypses in dieser Richtung aus den einen Spaltungsflächen dieser Zone in die anderen wiederholt überspringt.

Gyps auch in der Zone der faserigen und der vollkommensten Spaltungsfläche etwas biegsam ist; so lassen sich auch die schiefwinkligen Spaltungsflächen leicht wieder erkennen, und man kann sich auf diese Weise überzeugen, daß es stets die Kante der deutlichsten Spaltungsfläche mit der muschligen Spaltungsfläche *a* ist, der diese Streifen parallel gehen, wie auch in der Zeichnung Taf. II Fig. 7 angegeben ist.

Man hat aber noch ein anderes Mittel, die Richtung dieser Streifen zu bestimmen. Betrachtet man den unveränderten Gyps von Wiederstädt unter dem Mikroskop, so ist man überrascht eine große Menge von anscheinend regelmäßiger prismatischer Krystalle, die alle eine parallele Stellung haben, eingeschlossen zu finden. Bei näherer Untersuchung überzeugt man sich bald, daß es regelmäßig gestaltete Höhlungen sind, die genau die Form des Gypses, und deren Flächen auch eine parallele Lage haben mit den entsprechenden Flächen des Gypses, worin sie eingeschlossen sind. Taf. II Fig. 6 zeigt ein solches Stück nach der Natur gezeichnet in 360maliger Vergrößerung. Die Höhlungen liegen in verschiedenen Höhen; schraubt man das Mikroskop etwas höher oder tiefer, so verschwinden die gesehenen Höhlungen, und neue treten hervor; die Fig. 6 dargestellten sind dick, in anderen Fällen sind sie dünner, und schliessen auch öfter eine Flüssigkeit mit einer Luftblase ein ¹⁾. Sie sind in der Regel wie die aufgewachsenen Krystalle des Gypses selbst, nach der Axe des verticalen Prismas *g* ausgedehnt. Ich habe ihre Winkel nicht gemessen, man kann sich aber unter dem Mikroskop durch den Augenschein überzeugen, daß ihre Hauptaxen mit der Kante der muschligen und der Hauptspaltungsfläche des Stückes, worin sie liegen, parallel gehen, und daß sie auch die Winkel des Gypses haben, sieht

1) Es sind also ganz ähnliche regelmäßige Höhlungen, wie sie Leydolt beim Bergkrystall, Topas und dem Eise gefunden, und in den Sitzungsberichten der math.-naturw. Classe d. kais. Akad. d. Wiss. vom October 1851 beschrieben hat.

man, wenn man die Zeichnung des der Längsfläche parallelen Schnittes beim Gypse mit den bekannten Winkeln auf Papier ausschneidet, und sie in der richtigen Stellung haltend, mit dem einen (rechten) Auge betrachtet, während man die Gypsplatte mit den Höhlungen unter dem Mikroskop mit dem andern (linken) Auge betrachtet. Es gelingt dann leicht, die beiden Bilder zum Decken zu bringen, und sich von der Uebereinstimmung der Winkel zu überzeugen. Sehr häufig sieht man diese regelmäßigen Höhlungen in der Nähe des Uebergangs des Gypses in Schaumkalk und man kann dann auch sehen, daß die Streifen auf dem Gypse, oder die Aragonitkrystalle mit der Längenrichtung der scheinbaren eingewachsenen Krystalle, und folglich die Streifen auch der Kante der muschligen und der Haupt-Spaltungsfläche des Gypses parallel gehen.

Der Schaumkalk gehört also zu den Pseudomorphosen, bei welchen die entstandenen Individuen eine untereinander parallele und in Bezug auf den ursprünglichen Krystall, aus dem sie entstanden sind, ganz bestimmte Lage haben. Nimmt man an, daß die tafelartigen Krystalle Aragonit sind, so würde die Hauptfläche der Tafeln oder die Längsfläche des Aragonits der Hauptspaltungsfläche oder der Längsfläche des Gypses und die Hauptaxe des Aragonits der Hauptaxe des Gypses d. i. der Axe des Prismas von $111^{\circ} 14'$ parallel, die Lage der Aragonitkrystalle gegen den Gyps, aus dem sie entstanden sind, also so seyn, wie es Taf. II Fig. 4 dargestellt ist.

Da indessen die Endflächen der Aragonitkrystalle so selten zu sehen sind, so ist die Form der Individuen des Schaumkalkes für ihre Natur nicht vollkommen überzeugend; sicherere Auskunft giebt darüber das specifische Gewicht. Ehe ich dieses aber untersucht, habe ich mich noch durch einige chemische Versuche überzeugt, daß der Schaumkalk von Wiederstädt, mit dem die Wägungen angestellt wurden, fast vollkommen reine kohlensaure Kalkerde sey. Im Kolben vor dem Löthrohr erhitzt, gab er nur ein sehr geringes Sublimat von Wasser, das offenbar hygroskopisch

war, da der Schaumkalk vor dem Versuche nicht bei 100° getrocknet war. Schwach geglüht, veränderte er die Farbe nicht, er enthält also keine bituminöse Substanz, wie manche andere Abänderungen der kohlensauren Kalkerde, z. B. die Bergmilch, die schwach geglüht ganz grau wird. In Chlorwasserstoffsäure löste er sich leicht mit starkem Aufbrausen und mit Hinterlassung eines fast unmerklichen Rückstandes auf, der unter dem Mikroskop betrachtet noch etwas unveränderter Gyps zu seyn schien. Die Auflösung gab mit Ammoniak nur einen äusserst geringen, mit Kalkwasser gar keinen Niederschlag.

Bei der großen Lockerheit der Masse ist das specifische Gewicht des Schaumkalks mühsam zu untersuchen. Ich habe ihn dazu im Mörtel zerrieben, mit Wasser zur Entfernung der Luftblasen gekocht, die erkaltete Masse zuerst im Platintiegel unter Wasser, und darauf, nachdem sie erst in warmer Luft, und dann bei schwacher Rothglühhitze getrocknet war, wieder gewogen. Es wurden mit der zerriebenen Menge 2 Versuche gemacht, die die folgenden Resultate gaben:

	absolutes Gew. in Grammen.	Gew. im Wasser.	Temp. des Wassers.	spec. Gew.
1.	1,3538	0,9009	15°, 2 R.	2,989
2.	2,0374	1,3547	15 ,0	2,984.

Beide Versuche haben also ein fast völlig übereinstimmendes Resultat gegeben. Vergleicht man dasselbe mit dem, welches die genauesten Wägungen des Aragonits gegeben haben, so überschreitet dasselbe nicht die Zahl 2,96; das obige Resultat übertrifft diese Zahl um noch fast 3 Hunderttheile, eine Abweichung, die doch bei der Schwierigkeit der Wägung nicht so groß ist, dass man hiernach berechtigt wäre, den Schaumkalk für etwas anderes als Aragonit zu halten.

Zum Gegenbeweise habe ich indessen von dem geglühten Schaumkalke wieder das specifische Gewicht genommen: Schwach geglüht ändert sich nämlich der Aragonit in Kalkspath um. Ist daher der Schaumkalk Aragonit, so muss er

schwach geglüht auch das specifische Gewicht des Kalkspaths haben. Zu dem Ende wurde eine neue Menge des Schaumkalkes von Wiederstädt schwach geglüht, dann zerrieben mit Wasser gekocht, und wie vorhin behandelt. 0,8440 Gr. wogen unter Wasser 0,5329, ihr specifisches Gewicht ist also $= 2,717$, wie das des Kalkspaths.

Betrachtet man die geglühte Masse des Schaumkalks unter dem Mikroskop, so erscheinen die einzelnen Tafeln von viel mehr Sprüngen durchsetzt, als früher; auch laufen sie nach den verschiedensten Richtungen. Im polarisirten Lichte angesehen, zeigte jede einzelne Tafel nun verschiedene stark voneinander abweichende Farben, die stets an Sprüngen scharf abschnitten. Das Individuum zerfällt bei der Umänderung in mehrere kleinere, die alle eine gegeneinander verschiedene Lage haben, daher alle das Licht verschieden brechen und die verschiedenen Farben geben. Alle kleinen Krystalle des Aragonits, die geglüht nicht zerfallen, sondern nur Risse und Sprünge bekommen, verhalten sich ebenso, aber bei keiner Varietät ist die Erscheinung so schön zu sehen, und sind die zum Vorschein kommenden Farben so vielfach und so glanzvoll als beim Schaumkalk. Da nun der Schaumkalk das specifische Gewicht des Aragonits hat, schwach geglüht das specifische Gewicht des Kalkspaths erhält und unter dem Mikroskop im polarisirten Lichte betrachtet, zeigt, daß die früheren Individuen nun aus einer großen Menge kleiner bestehen, so scheint es mir hiernach nicht mehr zweifelhaft zu seyn, daß der Schaumkalk Aragonit sey.

Der Schaumkalk bietet demnach das erste bekannte Beispiel einer Pseudomorphose des Aragonits dar. Sein Vorkommen in dem Gyps von Wiederstädt ist aber noch dadurch interessant, daß die einzigen eingewachsenen ächten Krystalle des Aragonits, die man kennt, nämlich die von Aragonien und den Pyrenäen (*Bastennes*), wenn auch nicht in Gyps selbst, doch in einem Thone liegen, der sehr viel Gyps enthält. Wahrscheinlich sind daher auch diese durch Zersetzung des Gypses entstanden, aber die Zersetzung ist

hier wahrscheinlich durch Gewässer bewirkt worden, die zweifach kohlensaures Natron enthielten, wodurch sich zweifach kohlensaure Kalkerde gebildet hat, die von den Gewässern mit dem gebildeten schwefelsauren Natron fortgeführt wurde, und aus der sich erst später die neutrale kohlensaure Kalkerde selbstständig in der Form des Aragonits absetzte.

Der Schaumkalk ist außer in Wiederstädt noch an mehreren anderen Orten im Mansfeldschen vorgekommen, doch ist er nach Freiesleben hier auf die Gegend von Hettstädt und Sangerhausen beschränkt ¹⁾. Er findet sich ferner in der Gegend von Gera, namentlich zu Rubitz, wo er zuerst bekannt wurde, und unter dem Namen Hoppische Erde (*terra Hoppiana*) in den Handel kam ²⁾, und am Meißner in Hessen. Im Mansfeldschen und in der Gegend von Gera kommt er stets in den oberen Gliedern der Zechsteinformation, in Thon, Asche, Stinkstein, Raubstein, Rauchwacke und Gyps; am Meißner in einer Mergelschicht im Muschelkalk vor. Da ich hier auf die muthmaßliche Bildung des Schaumkalkes als Aragonit nicht weiter eingehen will, und mir dieß für eine andere Gelegenheit verspare, so gehe ich auch hier auf das Vorkommen des Schaumkalkes nicht weiter ein, das ohne dieß von Freiesleben so ausführlich untersucht und beschrieben ist und beschränke mich hier nur darauf, die Stücke mit Schaumkalk etwas näher zu beschreiben, die sich in der hiesigen königlichen Mineraliensammlung befinden.

1. *Schaumkalk von Wiederstädt bei Hettstädt.* Größere oder kleinere Blätter von Schaumkalk liegen einzeln oder zusammengehäuft in feinkörnigem Gyps ³⁾. Die kleineren

1) Freiesleben: Magazin für die Oryktographie von Sachsen; Heft 7, 1836, S. 122.

2) Freiesleben: Geognostischer Beitrag zur Kenntniß des Kupferschiefergebirges, 1815, Th. 4, S. 351.

3) Ein Stück mit sehr großblättrigem Schaumkalk ist nach dem beiliegenden Zettel aus einem Steinbruch unter dem Jägerberge zwischen Wiederstädt und Sandersleben genommen.

Stücke sind vollständig, die größeren zuweilen auf die angegebene Weise nur stellenweise umgeändert. Der unveränderte Gyps ist dann oft sehr klar und durchsichtig und der Schaumkalk verläuft sich in ihm in den feinsten Streifen; zuweilen bildet er zwischen ihm nur eine dünne Schicht, die oben und unten von dem durchsichtigen Gyps umgeben ist. Nie aber hat der Gyps, er mag verändert seyn oder nicht, eine regelmässige Begränzung, es scheinen daher in der That nur Bruchstücke zu seyn, die in dem körnigen Gyps eingeschlossen sind. Durch welchen Umstand sie aber zerbrochen, und ob sie vor oder nach der Veränderung von dem körnigen Gyps eingeschlossen wurden, ist allerdings noch auszumachen. Mehrere Stücke sind mit feinem erdigen Gyps bedeckt, der eine röthlichweiße Farbe hat ¹⁾).

2. *Schaumkalk* in Raubstein eingeschlossen, nach dem beiliegenden Zettel bis jetzt nur einmal vorgekommen im Böhnerschacht des Kuxberger Reviers zwischen Eisleben und Hergisdorf ²⁾). 2 Exemplare. — Zollgroße Stücke von Schaumkalk, zuweilen kleiner oder größer, liegen einzeln oder zusammengehäuft in dem Raubstein. Sie sind sämtlich unregelmässig begränzt, scheinen aber sämtlich etwas zusammengedrückt zu seyn, da die Spaltungsflächen nicht eben, sondern etwas gefältelt oder wellenförmig gekrümmt erscheinen und überall mit ganz kleinen schwarzen Adern durchzogen sind. In Chlorwasserstoffsäure lösten sie sich mit einem sehr geringen Rückstand auf, der mit dem Glasstab gerieben, knirscht, und unter dem Mikroskop als ein

1) Diefs scheint Freiesleben's Schaumerde zu seyn, da er von ihr anführt, daß sie in den Höhlungen des Gypses bei Oberwiederstädt vorkommt (Geogn. Beitr. etc. Bd. 2, S. 232). Sie braust aber nicht im mindesten mit Säuren, und ist nichts anderes als erdiger Gyps.

2) Eine Jahreszahl steht nicht auf dem Zettel, daher das jetzt nicht genauer zu bestimmen ist, vielleicht mag es etwa 1825 gewesen seyn als die Königl. Sammlung das Stück erhielt. Es ist diess wohl eine ähnliche Varietät wie Freiesleben in seinem geogn. Beitrag Bd. 4, S. 353 sie beschreibt und sie auf dem Feuermaschinenschacht bei Burgörner vorgekommen ist.

Gemenge von Gypsblättchen mit mehr oder weniger regelmäßig begränzten nicht selten aber außerordentlich zierlichen Quarzkrystallen, die bei 360maliger Vergrößerung 2 bis 4 Linien Länge hatten, sich erwies. Offenbar haben sich diese Quarzkrystalle bei der Umänderung des Gypses erst gebildet. Die Gewässer, die diese Umänderung bewirkten, mußten also nicht bloß kohlen-saures Natron, sondern auch etwas Kieselsäure aufgelöst enthalten haben, die sich gleichzeitig mit der Bildung des kohlen-sauren Kalkes in Krystallen ausschied ¹⁾.

Der Rauhstein, worin der Schaumkalk mehr oder weniger gedrängt liegt, ist von ganz schwarzer Farbe, matt und von unebenem Bruch. Vor dem Löthrohr erhitzt, wird er weiß, ohne zu brennen; in Chlorwasserstoffsäure löst er sich leicht mit Hinterlassung eines ziemlich bedeutenden schwarzen Rückstandes auf, der mit dem Glasstab gerieben knirscht, und der unter dem Mikroskop betrachtet aus Kohle, einigen kleinen Flimmern weißen Glimmers und Sand besteht, aber durchaus keine mikroskopischen Krystalle von Quarz enthält. Die Auflösung gab mit Ammoniak keinen, und nach Ausfällung der kohlen-sauren Kalkerde mit oxal-saurem Ammoniak, mit phosphorsaurem Natron nur einen verhältnißmäßig sehr geringen Niederschlag. Dieser Rauhstein ist demnach nur ein mit Kohle und Sand gemengter, etwas Magnesia haltender Kalkstein.

3. *Schaumkalk aus dem Goldgrunde bei Cresfeld* unweit Eisleben. Einzelne unregelmäßig begränzte Stücke Schaumkalk liegen in einem dichten rauhgrauen Stinkstein, der beim Zerreiben einen starken bituminösen Geruch verbreitet, und in Säuren mit Hinterlassung einer kohligten Substanz sich auflöst. Die Auflösung enthielt nur Kalkerde mit einer sehr geringen Menge Magnesia.

4. *Schaumkalk von Rubitz bei Gera*. Die Stücke von

1) Diese Beobachtung ist vielleicht auch deswegen bemerkenswerth, weil auch mit den Aragonitkrystallen, die in Thon eingeschlossen in Aragonien und den Pyrenäen vorkommen, sich sehr regelmäßig gebildete, hier aber von Eisenoxyd roth gefärbte Quarzkrystalle finden (vergl. oben S. 167).

Schaumkalk sind nur klein, in der Regel nur 2 bis 3 Linien groß, unregelmäßig begrenzt ¹⁾ und liegen sehr gedrängt in einem grauen Stinkstein. Andere Probestücke sind ein Haufwerk solcher unregelmäßig durcheinander liegender aber oft größerer Schaumkalkstücke ohne alle Grundmasse.

5. *Schaumkalk von Meissner* in Hessen. Dünne mehr oder weniger große parallel fasrige, meistens etwas gebogene und ganz unregelmäßig begrenzte Stücke oder schuppig-erdige Parthien von Schaumkalk liegen in einem dolomitischen grauen Mergel. Dieser Schaumkalk hinterläßt beim Auflösen in Säuren noch eine größere Menge überaus zierlicher mikroskopischer Quarzkrystalle als der Schaumkalk im Raubstein vom Böhnerschacht. Der Mergel löst sich in Chlorwasserstoffsäure mit starkem Brausen und Hinterlassung einer großen Menge von Thon auf, die Auflösung enthält etwas Eisenoxyd, und neben Kalkerde viel Magnesia.

Von anderen Orten als aus der Gegend von Mansfeld, und von Gera und vom Meissner, Orte, die schon Freiesleben anführt, ist kein Schaumkalk oder überhaupt nur eine anfangende Umwandlung des Gypses in kohlen sauren Kalk bekannt. Auch habe ich in der Königl. Sammlung beim Gypse von der Art nichts gefunden, dagegen habe ich gesehen, daß die regelmäßigen Höhlungen in dem Gypse eine ganz gewöhnliche Erscheinung sind. So fand ich sie z. B. in einem etwas mit Thon gemengten Gyps von Rothenburg; die Höhlungen sind hier nicht immer regelmäßig, oft nur zum Theil regelmäßig; auch enthalten sie häufig Luft und eine Flüssigkeit, wahrscheinlich Wasser, eingeschlossen. Bei einem Stücke bemerkte ich auch in größeren rundlichen Höhlungen hexaëdrische Krystalle, wahrscheinlich von Steinsalz. Ich fand die regelmäßig begrenzt-

1) Zuweilen müssen sie doch wohl regelmäßig begrenzt vorkommen, da Göthe bemerkt, daß die in Rauchwacke liegende Rubitzer Schaumerde in sechsseitigen Tafeln krystallisire (Leonhard's Taschenbuch für die ges. Min. Jahrgang 3, S. 367). Diefs sind dann offenbar die tafelförmigen Krystallformen des Gypses.

ten Höhlungen ferner in dem bekannten Gypse von Aragonien, der zum Theil von Eisenoxyd roth gefärbt ist, und worin die erwähnten rothen Quarzkrystalle und die großen Krystalle von Aragonit eingewachsen vorkommen; am ausgezeichnetsten aber in einem klaren durchsichtigen Stücke Gyps von Valecas bei Madrid; sie sind hierin zum Theil so groß, daß man sie mit bloßen Augen sehen kann. In der Regel sind sie an diesem Stücke sehr in die Länge gezogen, nur an manchen Stellen sind die Flächen des verticalen Prismas kurz, aber hier sind die Höhlungen so gehäuft, daß der Gyps an diesen Stellen schneeweiß und undurchsichtig erscheint. An einer anderen Stelle, die in Taf. II Fig. 5 dargestellt ist, ragen in die Höhlungen eine Menge fasriger oder nadelförmiger Krystalle von den Seiten aus hinein, die doch nur Gyps zu seyn scheinen, da sie mit der übrigen Masse zusammenhängen, aber doch mit dieser sich nicht in paralleler Lage befinden, was merkwürdig scheint. Es schien, als ob beim Zerspalten des Stückes, wobei das abgespaltete Stück, welches die nadelförmigen Krystalle enthielt, Risse bekam, sich diese Krystalle auch in anderen Höhlungen einstellten, daher die Höhlungen vielleicht mit einer Gypsauflösung angefüllt waren, welche krystallisirte, als die Höhlungen durch einen Riss Luft bekamen, und die Flüssigkeit in ihnen verdunsten konnte.

Erklärung der Figuren auf Taf. II.

- 1) Krystallform des Gypses.
- 2) Form der Spaltungsstücke des Gypses.
- 3) Krystallform des Aragonits.
- 4) Regelmäßige Verwachsung von Aragonit und Gyps im Schaumkalk von Wiederstädt bei Hettstädt.
- 5) Gypsplatte von Valecas bei Madrid mit eingeschlossenen regelmäßig gestalteten Höhlungen und in dieselben hineinragenden nadelförmigen Krystallen von Gyps. 90malige Vergrößerung.
- 6) Gypsplatte von Wiederstädt mit regelmäßig gestalteten Höhlungen. 360malige Vergrößerung.
- 7) Gypsplatte von Wiederstädt zum Theil in Schaumkalk umgeändert.
- 8) Rand eines dünnen Blättchens Schaumkalk. 360malige Vergrößerung.

II. Ueber Schwingungsbewegung der Luft; von Hrn. Zamminer.

1. Geschichtliche Einleitung.

Seit Daniel Bernoulli ¹⁾ die Gesetze der Luftschwingungen in cylindrischen Röhren ihren Grundzügen nach erforschte, haben die Untersuchungen über die Schwingungsbewegung der Luft nur wenig neue Thatsachen ans Licht gebracht und noch weniger Anhaltspunkte zur Bestimmung der Tonhöhe beliebig gestalteter Luftmassen, welche durch Anblasen in Schwingung versetzt sind, geboten. Die Technik derjenigen musikalischen Instrumente, in welchen die Luft allein das tönende Material ist, kann noch bis heute so gut wie keinen Nutzen aus den von den Physikern gewonnenen Resultaten ziehen, und in dieser Beziehung ist die Theorie der Zungenpfeifen durch die mit bewundernswerthem Scharfsinn angestellte Untersuchung W. Weber's ²⁾ derjenigen der Flötenpfeifen vorangeeilt.

Was die mathematischen Entwicklungen über den gedachten Gegenstand betrifft, so haben sich dieselben bis jetzt auf die Bewegung der Luft in cylindrischen Röhren beschränkt, indem die Vereinfachungen, welche für die partiellen Differentialgleichungen aus der Annahme entspringen, daß alle betrachteten Bewegungen nach einer einzigen Richtung erfolgen, also alle Theilchen in einem zur Axe des Cylinders rechtwinkligen Querschnitte sich gleichzeitig parallel bewegen, die Integration jener Gleichungen wesentlich erleichtert haben. Bekanntlich werden vermöge derselben die Geschwindigkeit v einer Luftschicht im Abstand x von dem Röhrenende, an welchem die Bewegung der Luft eingeleitet wird, und die Verdichtung s dieser Schicht zu einer Zeit t nach dem Beginn der Be-

1) *Mémoires de l'Académie de Paris*, 1762, 431.

2) Poggendorff's Ann. XVI, 193; XVII, 193.

wegung durch zwei willkürliche Functionsformen auf folgende Weise ausgedrückt:

$$\left. \begin{aligned} v &= f(x - at) + F(x + at) \\ as &= f(x - at) - F(x + at) \end{aligned} \right\} (1).$$

Von diesen Gleichungen sind alle Analytiker, welche diesen Gegenstand seit Bernoulli behandelt haben, ausgegangen, und sie unterschieden sich nur durch die Bedingungen, welche sie für den Zustand der Luft an den offenen oder gedeckten Enden der Röhre annahmen, indem sie mittelst derselben die obigen allgemeinen Formen in der Weise näher bestimmten, daß sie zur Vergleichung mit dem Experiment geeignet wurden.

Euler ¹⁾ und Lagrange ²⁾ nahmen an, daß an den offenen Röhrenenden keinerlei Verdichtung und Verdünnung der Luft eintrete, daß aber die Geschwindigkeit und Ausweichungen der schwingenden Theile hier am größten seyen; an dem geschlossenen Röhrende nahmen sie absolute Unbeweglichkeit der angränzenden Luftschicht an, während hier, je in den Zwischenräumen einer halben Schwingungsdauer, größte Verdichtung mit größter Verdünnung abwechselte. Sie erhielten auf diese Weise Ausdrücke, welche die harmonische Oberreihe der cylindrischen Luftsäule einer beiderseits offenen Pfeife nach der Zahlenreihe

1, 2, 3, 4

diejenige einer an einem Ende geschlossenen Pfeife nach der Reihe

1, 3, 5, 7

fortschreitend ergaben, wie dies auch Bernoulli bereits gefunden hatte.

Diese Theorie mußte jedoch als mangelhaft erscheinen, nachdem die Erfahrung gemacht war, daß cylindrische Pfeifen nicht nur die durch die obigen Reihen gegebenen Schwingungszustände anzunehmen vermögen, sondern daß sie tonverstärkende Resonanz auch für alle zwischen jenen

1) *Nov. Comment. Acad. Petrop. tom. XVI.*

2) *Mélanges physiques et mathématiques de la société de Turin, I und II.*

Stufen liegenden Töne geben, wenn auch in immer geringerem Grade, je weiter ein Ton sich von einem Gliede der obigen Reihe entfernt. Eine beiderseits offene Röhre giebt die beste Resonanz für alle diejenigen Töne, deren Viertelwelle in gerader Anzahl in der Länge der Röhre enthalten ist, die schwächste für solche, für welche eine ungerade Anzahl von Viertelwellen der Pfeifenlänge gleichkommt. Bei einerseits geschlossenen Röhren ist die Erscheinung gerade die umgekehrte.

Poisson ¹⁾ glaubte daher von etwas weniger beschränkenden Annahmen ausgehen zu müssen. Er machte darauf aufmerksam, daß schon darum die offenen Enden cylindrischer Pfeifen nicht absolut frei von Verdünnung und Verdichtung gedacht werden können, weil eine theilweise Uebertragung der Schwingungsbewegung in die umgebenden Lufträume stattfindet. Auch können die Böden, welche eine cylindrische Pfeife schliessen, als elastische Körper nicht als absolut unbeweglich gelten. Da aber, wenn einmal der stehende Schwingungszustand eingetreten ist, sich constante Verhältnisse hergestellt haben müssen, so legte Poisson seinen Entwicklungen die Annahme zu Grunde, daß sowohl an den offenen als an den gedeckten Röhrenden, sich ein Verhältniß

$$\frac{v}{a.s} = c$$

zwischen Geschwindigkeit und Verdichtung herstelle; mit der Einschränkung allerdings, daß an den offenen Enden c sehr groß, an den gedeckten dagegen sehr klein sey, während Euler und Lagrange dieses Verhältniß für den ersten Fall unendlich groß, für den zweiten gleich Null angenommen hatten.

Es ist zu bedauern, daß Poisson, welchem alle Mittel zu Gebote standen, einen so schwierigen Gegenstand erschöpfend zu behandeln, eigentlich doch nur einen Fall ins Auge faßte, welcher von den gewöhnlichen Fällen der Bewegung der Luft in cylindrischen Röhren ganz verschie-

1) *Mémoires de l'Académie roy. de France*, 1817, *Tome II*, 304.

den ist, ja welcher sich experimentell kaum realisiren läßt. Er that dies, indem er annahm, daß der Luftsäule an ihrem einen Ende eine Bewegung von ganz bestimmter Beschaffenheit, wie etwa durch eine den ganzen Querschnitt ausfüllende starre elastische Platte mitgetheilt werde, und liefs den Einfluß außer Acht, welchen die Schwingungen der Säule rückwärts auf diejenigen des ersten Querschnitts äußern müssen. Obgleich daher die Formeln, zu welchen er gelangte, das vor den Resultaten seiner Vorgänger voraus haben, daß sie nicht nur die Schwingungszustände für die discreten Töne der harmonischen Oberreihe, sondern auch diejenigen für alle zwischenliegenden Töne und zwar mit ab- und zunehmender Stärke der Resonanz einschließen, so widersprechen sie doch dem Verhalten offener und gedeckter Pfeifen geradezu. Sie legen einer beiderseits offenen Pfeife die beste Resonanz bei für solche Töne, deren Viertelwelle in ungerader Anzahl in der Röhrenlänge enthalten ist, die geringste Resonanz dagegen für solche, von deren Viertelwelle die Pfeife eine gerade Anzahl enthält; das Experiment giebt bekanntlich das Umgekehrte. Ebenso widerspricht Poisson's Theorie der Erfahrung bezüglich der einerseits gedeckten Pfeifen.

Es ist bekannt, wie Hopkins ¹⁾ sich bemühte, den hervorgehobenen Widerspruch auszugleichen, oder vielmehr den von Poisson angenommenen Fall zu verwirklichen, indem er Platten dicht unter der Mündung einer cylindrischen Pfeife schwingen liefs und den noch vorhandenen kleinen Zwischenraum mit einem flüssigen, an Platte und Pfeife adhären den Ring, schlofs. Er bestätigte die von Poisson gefundenen Gesetze der Resonanz und fand mittelst einer feinen, über einen Ring gespannten Membran, welche er in eine gläserne Orgelpfeife senkte, daß, wie auch aus Poisson's Theorie folgt, die Knotenpunkte nicht Orte absoluter Ruhe, sondern nur geringster Bewegung der betreffenden Luftschicht sind, sowie daß diese Knotenpunkte

1) *Transact. of the Cambridge Phil. Soc. Tom. V. Poggend. Ann. XLIV, 246, 603.*

in der That im Innern stets den Abstand einer halben Wellenlänge haben. Hopkins war bei diesen Versuchen noch auf einen Umstand aufmerksam geworden, welcher ihn zu einer weiteren Modification der Formeln bewog. Er hatte gefunden, daß der erste Knotenpunkt vom oberen Ende einer offenen Pfeife um weniger als eine Viertelwelle absteht und nahm darum eine Verzögerung der reflectirten Welle am oberen Röhrenende oder die Zeit, welche die Welle zum Durchlaufen einer Röhre von der Länge l braucht, nicht $= \frac{l}{a}$, sondern $= \frac{l}{a} + c$ an, worin a die Geschwindigkeit des Schalles bedeutet.

Der letzte Bearbeiter des gedachten Problems, Quet ¹⁾, hat sich den physischen Bedingungen der Schwingungsbewegung in cylindrischen Röhren noch inniger angeschlossen, indem er zwar, wie natürlich, auch eine äußere erregende Ursache annahm, zugleich aber die Hypothese eines constanten Verhältnisses zwischen Geschwindigkeit und Verdichtung, wie sie Poisson auf das der Erregungsstelle entgegengesetzte Ende der Röhre anwendete, auch auf die Mündung selbst, an welcher die Erregung stattgefunden hat, ausdehnte. Er zeigte, daß jene Annahme für die beiden offenen Enden einer Röhre eigentlich keine willkürliche ist, sondern daß das constante Verhältniß zwischen Geschwindigkeit und Verdichtung sich mit Nothwendigkeit aus dem Umstand ergibt, daß die reflectirte negative Welle niemals gleiche Intensität haben kann mit der positiven, welche durch Zurückwerfung in die negative umgewandelt wurde. Die Schlusformeln, welche die Stärke der Resonanz ausdrücken, sind gerade durch den Umstand, daß Quet die Mündung, an welcher die Erregung stattfand, als eine freie behandelte, wieder mit dem Experiment in Einklang gesetzt worden. Auf die von Hopkins hervorgehobene Thatsache, daß die letzte Knotenfläche um weniger als $\frac{\lambda}{4}$ von der Röhrenmündung absteht, hat Quet

1) *Journ. des mathématiques pures et appliq. par Liouville, Tom. XX, 1.*
Poggendorff's Annal. Bd. XC VII.

keine Rücksicht genommen, seine Formeln schliessen daher diese niemals fehlende Eigenthümlichkeit der Luftschwingungen in cylindrischen Röhren nicht ein.

Wie man sieht, nähert sich die Analyse nur ganz allmählich der Lösung eines Problems, welches einfach zu nennen ist, im Verhältniss zu der Aufgabe, die Schwingungen der Luft in anders als cylindrisch gestalteten, in ihren verschiedenen Theilen ungleich weiten und mit mehr oder minder grossen Oeffnungen versehenen Räumen, durch Rechnung aus mechanischen Principien abzuleiten. Die Bewegung ist in allen diesen Fällen, insbesondere bei plötzlichen Verengungen oder Erweiterungen im Innern und an den Mündungen ein so complicirter Vorgang, dass man wohl noch lange auf eine rein analytische Lösung wird verzichten müssen.

Um so mehr ist man bezüglich der Erforschung dieses Gegenstandes auf den experimentellen Weg hingewiesen, welcher seit Bernoulli namentlich von Savart ¹⁾, Hopkins ²⁾, Wertheim ³⁾ und Masson ⁴⁾ betreten worden ist, wenn man von den Untersuchungen von Pellissier ⁵⁾, Liscovius ⁶⁾ und Sondhaufs ⁷⁾ absieht, welche sich theilweise auf unseren Betrachtungen fremde Fragen, wie auf das Mitschwingen der Pfeifenwand u. s. w. beziehen, theilweise aber auch von ungegründeten theoretischen Gesichtspunkten aus unternommen, oder endlich unter allzu speciellen Umständen angestellt wurden, um zu allgemeineren Aufschlüssen über die bei der Schwingungsbewegung der Luft herrschenden Gesetze führen zu können. In dieser letzteren Beziehung verdient namentlich hervorgehoben zu werden, dass allen mit Orgelpfeifen gewöhnlicher Con-

1) *Annales de chim. et de physique*, 2^{me} série, tomes XXIV, XXIX, XXX, LIII, LXVII.

2) *Poggend. Ann.* XLIV, 246 und 603.

3) *Annales de chim. et de physique*, 3^{me} série, XXXI, 385.

4) *Annales de chim. et de physique*, 3^{me} série, XL, 333.

5) *Schweigger's Journal*, Bd. LXVII und LXVIII.

6) *Poggend. Ann.* Bd. LVIII und LX.

7) *Poggend. Ann.* Bd. LXXXI, 235 und 347.

struction angestellten Beobachtungen die Anwendbarkeit auf die Bewegung in cylindrischen oder prismatischen Röhren überhaupt nothwendig abgehen muß, da die besondere Beschaffenheit des Mundstücks, welche die Pfeife als eine theilweise gedeckte erscheinen läßt, sowie die seitliche Lage der Mundöffnung, zu wesentlichen Störungen in der Bildung regelmäßiger Schwingungsabtheilungen Veranlassung geben.

Den geistreichen Untersuchungen Savart's verdankt man das Meiste von dem, was den Resultaten Bernoulli's zugefügt worden ist. Er begründete den Satz der akustischen Aehnlichkeit, wonach starre oder gasförmige Massen aus gleicher Substanz und von geometrisch ähnlicher Form, auf gleiche Art in Schwingung versetzt, Töne geben, deren Schwingungsmenge homologen linearen Dimensionen umgekehrt proportional ist. Auf Luftmassen, welche von starren Wänden umschlossen sind, ist dieses schöne Gesetz nur dann anwendbar, wenn die geometrisch ähnliche Form sich nicht nur auf die Masse selbst, sondern auch auf die Oeffnungen erstreckt, durch welche sie mit der umgebenden Luft in Verbindung steht. — Savart überzeugte sich, daß überall, wo ein Ton in theilweise oder ganz geschlossenen Räumen, wie in Zimmern, Gallerien oder nur von Mauern umschlossenen Höfen, dauernd angegeben wird, mittelst einer feinen resonirenden Membran Maxima und Minima der Schwingungsbewegung im Beharrungszustand aufgefunden werden können, so daß demnach offenbar die Luftmassen durch Knotenflächen in verschiedene schwingende Abtheilungen geschieden sind. Je nach der Tonhöhe und dem Ort, wo die Tonquelle aufgestellt ist, ändern jene Knotenflächen ihre Lage und ihren Abstand; sie verschieben sich, wenn in der starren Umgränzung der Luftmasse etwas geändert, wenn in einem Zimmer z. B. ein Fenster geöffnet wird. Was aber besonders hervorgehoben zu werden verdient, ist der Umstand, daß der Abstand zweier Knotenflächen oder Schwingungsminima unter den angeführten Umständen keine nachweisbare einfache Beziehung zur Wellen-

hälfte des erregten Stroms hat. Es kann darum keinem Zweifel unterliegen, daß Aehnliches auch bei kleineren Luftmassen, welche durch Anblasen zum Tönen gebracht werden, eintrete.

Endlich hat Savart eine schon von Mersenne in unvollkommener Weise begründete Thatsache bestätigt, daß die Tonhöhe cylindrischer Pfeifen bei zunehmender Weite dieser letzteren herabgeht, so daß, wie der genannte Forscher sagt, das umgekehrte Verhältniß der Tonhöhe und der Längen nur dann besteht, wenn der Durchmesser einer Pfeife mindestens 12mal in ihrer Länge enthalten ist. Allein streng genommen ist dieses Verhältniß niemals anwendbar, da, wie genauere Messungen zeigen, die Wellenhälfte des Tones die Länge der beiderseits offenen Röhre oder das Wellenviertel die Länge der einerseits geschlossenen Röhre stets um eine gewisse Größe übertrifft. Die Versuche Savart's über diese Frage haben die letzte Genauigkeit nicht erreichen können, weil dieser Physiker nicht etwa die Schwingungsmenge des Tones mit der Sirene oder dem Monochord bestimmte, sondern vielmehr diejenigen Töne aufsuchte, für welche die Röhren von gleicher Länge aber verschiedener Weite, die größte tonverstärkende Resonanz gaben. Jede Schätzung der Lage eines Maximums oder Minimums ist aber bedeutenden Ungenauigkeiten ausgesetzt, weil die Werthe der Functionen in der Nähe dieser Punkte sich nur wenig ändern.

Wertheim ¹⁾ hat einige Versuchsreihen zur Entscheidung der Frage angestellt, um wieviel bei verschiedener Weite der Cylinder die Welle eines Pfeifentones länger sey, als das Doppelte der beiderseits offenen oder das Vierfache der einerseits geschlossenen Röhren, also wie groß die Correctionen C und C' der Länge seyn müssen, damit den Gleichungen

$$2(L + C) = \frac{v}{n}, \quad 4(L + C') = \frac{v}{n}$$

genügt werde, worin L die Länge des Rohres, v die Ge-

1) *Annales de chim. et de physique*, 3^{me} série, XXXI, 385.

schwindigkeit des Schalles, n die Schwingungszahl des Tones bedeutet. Er glaubt sich überzeugt zu haben, daß die Correctionen C und C' dem Durchmesser der Röhre einfach proportional und zwar:

bei beiderseits offenen Röhren $C = 0,663 d$

bei mit Metall od. Glas einerseits gedeckt. Röhren $C' = 0,373 d$

sey. Diese Werthe sind jedoch als Mittelzahlen aus Versuchen gewonnen, welche mehr von einander abweichen, als vermöge der Beobachtungsfehler anzunehmen ist, indem z. B. C zwischen den Gränzen $0,560 d$ und $0,819 d$, also im Verhältniß von 2:3, C' zwischen den Gränzen $0,319 d$ und $0,431 d$, also im Verhältniß von 3:4 schwankt. Wir werden unten auf diesen Punkt zurückkommen. Vermöge der Mittelwerthe giebt eine beiderseits offene Pfeife einen Ton, dessen Welle = $2L + 1,323 d$,

eine gleich weite und gleich lange, einerseits gedeckte Pfeife einen Ton, dessen

Welle = $4L + 1,492 d$,

so daß nur bei Röhren von unendlich kleinem Durchmesser das Verhältniß 1:2 beider Töne eintreten könnte.

Durch sehr umfangreiche Versuchsreihen suchte Wertheim zu erforschen, in welchem Verhältniß die Tonhöhe herabgeht, wenn man bei beiderseits offenen Pfeifen einer der beiden Mündungen, bei einerseits gedeckten Pfeifen aber dem offenen Ende nicht den vollen Querschnitt läßt, sondern sie theilweise deckt. Es ist schon Bernoulli bekannt gewesen, daß die nächste Folge einer solchen theilweisen Deckung in einer Verkürzung des an diese Mündung gränzenden und einer ebenso großen Verlängerung des an das ganz offene fallenden Wellenviertels ist und daß demgemäß die Tonhöhe herabsinkt; allein die physikalischen Bedingungen, welche sich einer Berechnung des neuen Schwingungszustandes zu Grunde legen ließen, hat auch Wertheim nicht aufgefunden. Dieser Physiker giebt an, daß, wenn die Verengung in der Weise geschah, daß Deckel auf die cylindrische Pfeife aufgesetzt wurden, welche in der Mitte Oeffnungen von immer geringerer Weite ent-

hielten, die Tonhöhe nicht etwa bloß bis zur Gränze der tieferen Octave, sondern unbegrenzt herabsank, oder vielmehr, daß eine Gränze sich nur aus der allmählichen Schwächung des Tones ergab. Er stellte ferner empirische Formeln auf, welche die Resultate seiner Versuche in der Weise ausdrücken, daß sie für jeden Grad der Verengung des Pfeifenquerschnitts angeben, um wieviel die Halbwelle oder Viertelwelle des Tones länger war, als die Länge der beiderseits offenen oder der einseits gedeckten Pfeife. Diese Formeln sind:

$$2(L + C) = \frac{v}{n}; \quad 4(L + C') = \frac{v}{n};$$

und es ist in denselben:

$$C = 0,663 \left(d - \frac{\delta}{2} + \frac{d^2}{2\delta} \right)$$

$$C' = 0,373 \left(d - \delta + \frac{d^2}{\delta} \right)$$

wo d den vollen Röhrendurchmesser, δ den Durchmesser der centralen Oeffnung der aufgesetzten Decke bedeutet. Diese Formeln geben für $\delta = 0$ ein unendliches Herabsinken des Tones.

Die jüngste, äußerst umfangreiche Experimental-Untersuchung über Schwingungsbewegung der Luft rührt von Masson ¹⁾ her. Derselbe untersuchte zunächst die Tonbildung beim Ausströmen der Luft durch enge kreisförmige Oeffnungen, ein Gegenstand, welcher auch Savart kurz vor seinem Tode beschäftigt hatte. Masson fand, daß der austretende Luftstrahl eine Vibrationsbewegung annimmt, und die Schwingungsmenge der Quadratwurzel aus der mittelst einer Wassersäule gemessenen Druckhöhe oder einfach der Ausflusgeschwindigkeit proportional, von der Weite der Oeffnung aber unabhängig war. Als er nun unmittelbar über den kreisförmigen Oeffnungen cylindrische Röhren anbrachte, erhielt er verstärkte Töne der mannichfaltigsten Art. Um die innere Eintheilungsart der Luftsäule mit der aus der Tonhöhe abgeleiteten Wellenlänge

1) *Annales de chim. et de physique*, 3^{re} série, XL, 333.

zu vergleichen, glaubte Masson nicht das von Bernoulli angewendete Mittel eines verschiebbaren Kolbens zur Aufindung der Knotenflächen benutzen zu dürfen, weil er der Ansicht war, dafs der Schwingungszustand im Innern durch den Eintritt eines starren Körpers wesentlich modificirt werden könne. Bei der von ihm angewendeten Art des Anblasens mußte ein eingesenkter Kolben in der That hinderlich seyn. Er suchte darum vielmehr die Abstände der Schwingungsbäuche dadurch zu bestimmen, dafs er an den Röhren, welche meist aus Gutta-Percha bestanden, Oeffnungen anbrachte, welche leicht wieder verschlossen werden konnten und dafs er dieses Verfahren so lange fortsetzte, bis er die Stellen getroffen hatte, welche ohne merklliche Störung des jedesmaligen Schwingungszustandes seitlich geöffnet werden durften. Die Abstände zweier nächstgelegenen Schwingungsbäuche stimmten unter allen Umständen nahe mit der berechneten Halbwelle des Tones überein. Nur in der Nähe der kreisförmigen Oeffnung, an welcher die Tonerregung statthatte, fand sich jedesmal eine kürzere Abtheilung. Die übrigen, so zahlreichen Resultate, welche Masson aus dem massenhaften Beobachtungsmaterial ableitete, übergehen wir hier, weil es scheint, als ob der genannte Physiker dabei nicht von richtigen theoretischen Gesichtspunkten ausgegangen sey. Es dürfte sich diess unter Anderem daraus ergeben, dafs er die an die Erregungsstelle gränzende kürzere Abtheilung als eine Welle betrachtet, welche von zwei Schwingungsbäuchen begränzt sey, ohne dazwischenliegende Knotenfläche, offenbar eine physische Unmöglichkeit. Natürlich konnte Masson die sehr nahe an die Erregungsstelle gränzende Knotenfläche bei der von ihm gewählten Untersuchungsmethode nicht auffinden.

2. Beobachtungen an cylindrischen Pfeifen.

Bei den Versuchen, welche ich über die Schwingungen der Luft in engen Räumen anstellte, rief ich diese Bewegung durch Anblasen mittelst cylindrischer Röhrchen, welche

vorn abgeplattet und zu einer feinen Spalte ausgebreitet waren, hervor. Der handförmige Luftstrom wurde über die betreffende Oeffnung gegen den gegenüberliegenden Rand derselben getrieben. Ich überzeugte mich von der Richtigkeit der Beobachtung Wertheim's, dafs es für die Tonhöhe gleichgültig ist, ob der Strom die ganze Breite der Oeffnung hat, oder nur in einem schmalen Streifen über dieselbe hingeht; meist sprachen die Töne bei der letzten Art des Anblasens leichter an. Uebrigens fand ich es vortheilhaft, Anblaseröhren von verschiedenem Caliber der linienförmigen Mündung anzuwenden. Die tieferen Töne wurden leichter durch einen weiter ausgebreiteten dünnen Strom, die höheren Aliquotttöne dagegen durch einen schmaleren, aber dickeren Strahl hervorgerufen.

Zur Messung der Tonhöhen diente ein nach W. Weber's Beschreibung construirtes und nach gütigen Privatmittheilungen desselben noch verbessertes Monochord. Um mich der Genauigkeit der Messung zu versichern, bestimmte ich die Tonhöhe dreier Stimmgabeln, jede durch mehrere Versuche, indem ich jedesmal die Belastung so lange änderte, bis die Schwebungen verschwanden, welche die tönenden Gabeln mit der angeschlagenen Seite gaben.

		Der Saite		Gewicht. Milligr.	Schwingungsmenge des Tones.	Abweichung vom Mittel.
		Spannung.	Länge.			
Erste Gabel	1	4740 ^{gr}	322,8 ^{mm}	196,6	427,96	+ 0,10
	2	4759	324,4	196,6	427,77	- 0,10
Zweite Gabel	1	4779	311,9	190,1	444,59	- 0,06
	2	5619	338,8	205,7	444,72	+ 0,06
Dritte Gabel	1	5859	350,6	211,0	440,72	+ 0,57
	2	5269	331,9	202,5	440,00	- 0,15
	3	6019	354,1	215,5	439,20	- 0,95
	4	5419	335,1	204,2	440,70	+ 0,55

Bei diesen Versuchen war das schwingende Stück der Saite jedesmal scharf an den Klemmen abgeschnitten und gewogen worden. Diese Methode wandte ich zwar in der Folge nicht an, allein ich hatte mich von der durchgängig gleichartigen Beschaffenheit der Saite hinlänglich überzeugt,

um dessen nicht zu bedürfen. Zudem schnitt ich, wenn einige Versuchsreihen beendet waren, jedesmal das Stück, welches bei den Versuchen gedient hatte, genau auf einen Meter Länge ab und wog dasselbe. Vor den Versuchen war die ganze Saite, welche ein Gewicht von 7870 Grammen zu tragen vermochte, jedesmal mehrere Tage einer Belastung von 7000 Grammen ausgesetzt, während bei den Versuchen selbst ihre Spannung die Gränze von 5000 Grammen nicht überschritt. Um die Verlängerung der so präparirten Saite bei zunehmender Belastung kennen zu lernen, stellte ich die folgende Versuchsreihe an, bei welcher die Längen zwischen zwei bestimmten Punkten der Saite mittelst des Kathetometers gemessen wurden.

Spannungen.	Ablesung am Ka- thetometer.	Spannungen.	Ablesung am Ka- thetometer.
Grm.	Millim.	Grm.	Millim.
6670	23,1	3670	26,0
6170	23,6	3170	26,4
5670	24,2	2670	26,9
5170	24,6	2170	27,5
4670	25,1	1670	27,9
4170	25,6	1170	28,4

Da die Stahlsaite bei 1170 Grm. Belastung eine Länge von 1349,2 Millim. hatte, und die Ausdehnung für eine Zunahme der Spannung von 5500 Grm. $28,4 - 23,1 = 5,3$ Millim. betrug, so folgt, daß das Gewicht der Längeneinheit für eine Spannungsveränderung von 1000 Grm. sich im Verhältniß von

$$1 : 1,000728$$

ändere. In einer zweiten Versuchsreihe wurde dieses Verhältniß gleich 1,000769, im Mittel also zu 1,000748 gefunden. Hieraus konnte mit großer Annäherung das Gewicht eines Saitenstückes bei jeder Spannung berechnet werden, wenn man es bei einer einzigen Belastung gemessen hatte.

Bei der Bestimmung der Pfeifentöne war es zu schwierig, die Saite des Monochords nach Schwebungen abzu-

stimmen. In den meisten Fällen wurden daher zwei Beobachtungen so gemacht, daß zuerst der Saitenton tiefer genommen und allmählich bis zum Gleichklang mit der Pfeife erhöht, dann aber der Saitenton höher gewählt und allmählich auf den Ton der Pfeife erniedrigt wurde. Es geschah zwar nicht selten, daß die Schwingungsmenge bei der ersten Bestimmung größer gefunden wurde, als bei der letzten, immer aber lagen die beiden Werthe so nahe zusammen, daß die Differenz für den Zweck der Untersuchung als völlig unerheblich gelten konnte und niemals wurden Mittel aus Werthen genommen, welche um mehr als etwa zwei Schwingungen auf 100 von einander abwichen. Um die Wellenlängen berechnen zu können, war in der Nähe der tönenden Apparate ein Thermometer aufgehängt. Der Feuchtigkeitsgehalt der Luft wurde jedoch nicht bestimmt und um den aus dieser Vernachlässigung entspringenden Fehler, welcher jedoch unter allen Umständen nur gering seyn konnte, einigermaßen auszugleichen, wurde die Schallgeschwindigkeit so angenommen, wie sie in einer bei der beobachteten Temperatur zur Hälfte mit Wasserdampf gesättigten Luft hätte seyn müssen.

Um zu erfahren, ob der mittelst des Anblasens über die Pfeifenmündung getriebene Luftstrahl eine Modification des Schwingungszustandes an dieser Stelle verursache, reichte es hin, zu untersuchen, ob, bei sonst gleicher Beschaffenheit der beiden Enden eines cylindrischen Rohrs, die Knotenflächen im Innern eine symmetrische Lage gegen die Enden beibehielten. Aus vielen Messungen, welche zur Entscheidung dieser Frage dienen können, hebe ich die folgenden hervor.

Das cylindrische Messingrohr A hatte 501^{mm} Länge, 25^{mm} inneren, 27^{mm},4 äußeren Durchmesser, es war innen sorgfältig ausgeschliffen und ein aus Lederscheiben bestehender, vorn mit einer abgeschliffenen Messingscheibe versehener Kolben liefs sich luftdicht in dem Rohre verschieben. Nachdem die Saite des Monochords auf den betreffenden

Ton abgestimmt war, wurden die Knotenflächen auf die bekannte Weise bestimmt.

1. *Grundton* des beiderseits offenen Rohres.

	Abstand des Knotens	
	vom angeblasenen Ende.	vom zweiten Ende.
1. Versuch	251	250
2. "	252	249
Mittel	251,5.	249,5.

2. *Zweiter Oberton* des oben und unten mit Oeffnungen von 5^{mm} Durchm. versehenen Rohres.

Abstände der Knotenflächen vom angeblasenen Ende:

Erster Versuch.	Zweiter Versuch.	Dritter Versuch.	Mittel.	Länge der Abtheilungen.	Berechnete Halbwelle.
36,8	35,0	36,5	36,1	36,1	216,3
251,5	250,0	251,0	250,8	214,7	
465,5	466,0	467,0	466,2	215,4	
501,0	501,0	501,0	501,0	34,8	

3. *Dritter Oberton* des oben und unten mit Oeffnungen von 5^{mm} Durchm. versehenen Rohres.

Abstände vom angeblasenen Ende.	Länge der Abtheilungen.	Berechnete Halbwelle.
21	21	154,9
175	154	
329	154	
482	153	
501	19	

Nach diesen Erfahrungen wird die an das angeblasene Ende gränzende Abtheilung etwas verlängert, jedoch so wenig, dafs wir in den folgenden Betrachtungen auf diesen Einfluss keine Rücksicht zu nehmen haben. Wenn der Kolben soweit eingeschoben ist, dafs nur noch die erste Abtheilung tönt, so ist der Ton unstet, wie bei allen kurzen Pfeifen mit enger Mundöffnung, und die Bestimmung der Lage dieser Knotenfläche hat darum nicht die Sicherheit, wie die der übrigen.

Es bestätigt sich durch die obigen Versuche die von anderen Physikern gewonnene Erfahrung, daß die inneren Knotenabstände in *cylindrischen* Pfeifen, seyen diese nun beiderseits offen oder in beliebiger Weise an den Mündungen verengt, stets der Halbwelle des betreffenden Tones gleich sind.

Für die Vergleichung der Röhrenlänge mit der Halbwelle des Tones ergaben Messungen mit beiderseits offenen Cylindern aus Weißblech oder Glas folgende Resultate:

Cylinder.	Länge <i>l</i> .	Durchmes- ser <i>d</i> .	Halbwelle $\frac{1}{2}\lambda$.	$\frac{\frac{1}{2}\lambda - l}{d}$	
	mm	mm	mm		
1	501	25	522,2	0,848	} 0,804
2	200	10	207,6	0,760	
3	300	19,4	314,1	0,720	} 0,671
4	374	24,6	389,3	0,622	
5	200	19,7	211,1	0,563	} 0,596
6	300	38,8	324,3	0,629	
7	200	39,0	220,8	0,533	} 0,547
8	300	58,8	333,0	0,561	
9	200	58,6	228,9	0,493	0,493

Diese Versuchsreihe bestätigt die Annahme Wertheim's, wonach der Ueberschufs der Halbwelle über die Röhrenlänge immer ein gleicher aliquoter Theil des Röhrendurchmessers seyn soll, nicht, sondern läßt erkennen, daß die Correction verhältnißmäfsig um so gröfser ausfällt, je öfter der Durchmesser der Röhren in ihrer Länge enthalten, je enger also, nach dem Sprachgebrauch der Orgelbauer, die *Mensur* der Pfeifen ist. Man wird daher eine Correctionsformel von folgender Form:

$$C = \left(a + b \cdot \frac{l}{d} + c \frac{l^2}{d^2} \right) d$$

anwenden müssen. Durch den Ausdruck

$$C = \left(0,556 - 0,0066 \frac{l}{d} + 0,00095 \frac{l^2}{d^2} \right) d$$

werden, wie die folgende Zusammenstellung zeigt, die Ueberschüsse der Halbwellen über die Röhrenlängen in obigen Versuchen besser wiedergegeben, als durch die von Wertheim angewendete Correction.

Unterschied zwischen der Halbwelle und der Röhrenlänge.

Cylinder.	Beobachtet	Berechnet	
	Millimeter.	nach Wertheim.	nach obiger Interpolations- formel.
		Millim.	Millim.
1	21,2	16,6	20,0
2	7,6	6,6	8,0
3	14,1	12,9	13,4
4	15,3	16,3	16,5
5	11,1	13,0	11,6
6	24,3	25,8	21,8
7	20,8	25,9	21,3
8	33,0	39,0	32,2
9	28,9	38,8	31,9

Man kann übrigens die hier angewendeten Interpolationsformel eine allgemeinere Anwendbarkeit nicht beilegen und nur dieß dürfte sich als allgemeines Resultat ergeben, daß bei engerer Mensur die der Röhrenlänge zuzusetzende Gröfse einen größeren aliquoten Theil des Durchmessers ausmacht, als bei Röhren von weiter Mensur.

Die Beobachtungen mit einerseits geschlossenen Cylindern gaben folgende Resultate:

No.	l . Millim.	d .	$\frac{\lambda}{4}$	$\frac{\lambda}{4} - l$.	$\frac{l}{d}$	$\frac{\frac{\lambda}{4} - l}{d}$	} 0,601
1	501	25	517,3	16,3	20	0,652	
2	200	10	205,5	5,5	20	0,550	
3	300	19,4	310,1	10,1	15,4	0,521	
4	374	24,6					
5	200	19,7	208,8	8,8	10,2	0,447	
6	300	38,8	310,8	10,8	7,73	0,280	
7	200	39,0	210,5	10,5	5,12	0,269	
8	300	58,8	316,7	16,7	5,1	0,284	
9	200	58,6	211,0	11,0	3,4	0,188	

Auch hier bestätigt sich, daß die Verlängerung der schwingenden Säule über das offene Ende der Röhre hinaus keineswegs dem Durchmesser einfach proportional, daß sie vielmehr ein um so geringerer aliquoter Theil desselben

ist, je weitere Mensur die Pfeife hat. Nur die Beobachtung No. 8 paßt nicht ganz in die Reihe; bei ihr ist offenbar ein Fehler untergelaufen.

Vergleicht man die Wellenlängen der Töne obiger Cylinder, wenn sie offen oder einerseits gedeckt angewendet wurden, miteinander:

Cylinder.	Beiderseits offen.	Einerseits ge- deckt.	Verhältniß.
1	1044,4	2069,2	1,9812 }
2	415,2	822,0	1,9797 }
3	628,2	1240,4	1,9745 }
4	778,6		
5	422,2	835,2	1,9777 }
6	648,6	1243,2	1,9167 }
7	441,6	842,0	1,9067 }
8	666,0	1266,8	1,9021 }
9	457,8	844,0	1,8436 }

so ergibt sich, daß der musikalische Abstand je zweier entsprechender Töne niemals völlig einer Octave gleichkommt und daß die Abweichung von diesem Intervall um so größer ausfällt, je weiter die Mensur des Cylinders ist.

Wäre die Welle im Beharrungszustand des Tönens genau der doppelten Länge des beiderseits offenen Cylinders oder der vierfachen Länge des einerseits geschlossenen Cylinders gleich, hätte also die Luft unmittelbar an der offenen Mündung genau die atmosphärische Dichte, so würde der Ton einer solchen Pfeife, so lange Temperatur und Feuchtigkeitsgehalt der Luft sich nicht änderten, auch ein absolut constanter seyn. Bekanntlich ist dies aber nicht der Fall, sondern es gelingt immer, denselben durch stärkeres Blasen etwas in die Höhe zu treiben. Die obere Gränze aber ist dadurch gegeben, daß die Wellenhälften oder die Wellenviertel nicht kürzer werden können, als die offenen oder gedeckten Röhren selbst. Nach der Tiefe hin existirt eine solche Gränze eigentlich nicht und sie ergibt sich bei immer schwächerem Blasen practisch nur dadurch, daß der Ton endlich zu schwach wird, um noch gehört zu werden.

Der Cylinder A wurde in einer folgenden Versuchsreihe mit Deckeln aus Messingblech von 1,2 Millim. Stärke versehen, welche centrale kreisförmige Oeffnungen von verschiedener Weite hatten. In der ersten Reihe geschah diese theilweise Deckung nur auf einer Seite, die andere blieb offen, in der zweiten Reihe war diese letztere völlig geschlossen, in der dritten Reihe endlich war die theilweise Deckung von gleichem Betrage auf beiden Seiten angebracht.

Die Saite des Monochords blieb während dieser Versuche constant mit 5000 Grm. Gewicht gespannt. Ein Meter der Saite wog 612 Milligrm. Da die Temperatur constant $16^{\circ},3$ C. war, so betrug die Schallgeschwindigkeit 342535^{mm} , wenn man die Luft mit Feuchtigkeit halb gesättigt und die Geschwindigkeit des Schalles in der trocknen Luft bei 0° zu 332250^{mm} annimmt. In der folgenden Tafel sind die beobachteten Saitenlängen s , welche mit der Pfeife gleichen Ton gaben, ferner die daraus abgeleiteten Halbwellen und Viertelwellen angegeben, sowie endlich die Länge dieser Wellen, wie sie aus Wertheim's empirischer Formel (S. 182) folgen.

Centrale Oeffnung in Millimetern.	Einerseits offen, andererseits theilweise gedeckt.			Einerseits geschlossen, andererseits theilweise gedeckt.			Beiderseits theilweise gedeckt.		
	s .	beob. $\frac{\lambda}{2}$	nach Wert- heim.	s .	beob. $\frac{\lambda}{4}$	nach Wert- heim.	s .	beob. $\frac{\lambda}{2}$	nach Wert- heim.
25	430,9	521,8	516,6	853,4	517,0	509,3	430,9	521,8	516,6
20	434,5	526,4	521,3	855,5	518,3	514,5	437,3	529,8	528,0
15	441,6	535,0	526,4	861,2	521,7	520,3	448,5	543,5	539,6
12	447,0	541,6	530,8	870,8	527,6	525,3	466,1	564,7	549,6
10	452,6	548,4	534,9	880,9	533,7	529,8	473,5	573,7	558,8
8	472,0	571,9	540,8	908,0	550,1	536,5	518,5	628,2	572,0
5	506,8	614,1	557,4	982,1	595,0	555,1	586,5	710,7	609,2

Wertheim giebt an, daß der Ton der Pfeifen, während der Durchmesser der centralen Oeffnung des Deckels nach und nach bis zu Null verkleinert wurde, ins Unbestimmte herabsank, und nicht etwa nur bis zur tieferen

Octave, wie man doch in der That erwarten sollte. Ich konnte die Richtigkeit dieser Bemerkung keiner Prüfung unterwerfen, weil der Ton bei der kleinsten in obiger Tafel angegebenen Oeffnung schon so schwach geworden war, daß ich nicht glaubte, weiter gehen zu dürfen, wenn ich der Resultate sicher seyn wollte. Bei einer centralen Oeffnung von 2 oder von 1 Millim. Durchmesser gelang es mir nicht, den Grundton irgend hörbar zu machen.

Die empirische Formel Wertheim's schließt sich an die aus der Beobachtung abgeleiteten Werthe der Wellenlängen nicht an, und es ist, wenn man die Art ins Auge faßt, wie die erregenden Schwingungen des über die centrale Oeffnung getriebenen Luftstroms auf die innerhalb befindliche Säule wirken, überhaupt wenig wahrscheinlich, daß man mit einer so einfachen Ansicht, wie sie der Wertheim'schen Formel zu Grunde liegt, ausreicht. Diese ist aber offenbar keine andere, als daß durch die fortschreitende Deckung ein immer größerer Theil des zunächst an das gedeckte Ende gränzenden Wellenviertels abgeschnitten werde, welches durch die angebrachte Correction wieder zugesetzt wird und daß diese Correction unabhängig sey von der Länge des cylindrischen Rohrs. Aber offenbar wirkt die Verengung der Mündung bis zu einem nämlichen aliquoten Theil um so stärker auf Erniedrigung des Tones, je kürzer die Röhre ist.

Bei den Versuchen der dritten Reihe lag die Knotenfläche in der Mitte des Rohrs und die beiden Hälften tönten wie einerseits ganz geschlossene, andererseits theilweise gedeckte Röhren von der halben Länge, ähnlich wie bei der zweiten Versuchsreihe, wo im Uebrigen die Umstände die gleichen waren. Vergleicht man aber die Unterschiede $\frac{\lambda}{4} - l$ und $\frac{\lambda}{4} - \frac{l}{2}$ in diesen beiden Fällen, so findet man eine bedeutende Verschiedenheit, wo nach Wertheim Gleichheit vorhanden seyn müßte:

Oeffnung.	$\frac{\lambda}{4} - l$	$\frac{\lambda}{4} - \frac{l}{2}$
	aus der zweiten Reihe.	aus der dritten Reihe.
25	16,0	10,4
20	17,3	14,3
15	20,7	21,2
12	26,6	31,8
10	32,7	36,3
8	49,1	63,6
5	94,0	105,3

Sobald die Verengung der Mündung einigermaßen erheblich wird, überwiegt ihr Einfluss bei der kürzeren Welle entschieden. Ich will übrigens nicht unternehmen, eine andere empirische Formel an die Stelle der Wertheim'schen vorzuschlagen, da zu diesem Zwecke Messungen mit weit größerer Variirung der Umstände vorangegangen seyn müßten.

Aus der Vergleichung der Wellen der in den beiden ersten Röhren erhaltenen Töne

Oeffnung.	Welle bei beiderseits offenem Ende.	Welle bei einerseits geschlossenem Ende.	Verhältniß.
25	1043,6	2068,0	1,9814
20	1052,8	2073,2	1,9690
15	1070,0	2086,8	1,9504
12	1083,2	2110,4	1,9481
10	1096,8	2134,8	1,9464
8	1143,8	2200,4	1,9238
5	1228,2	2380,0	1,9378

ergiebt sich, daß das Verhältniß der Octave zwischen der offenen und der gedeckten Pfeife, in der Annäherung, wie es bei ganz freier Anblasemündung besteht, auch bei Verengung derselben fast ungeändert fort dauert. Etwas größer wird indessen die Abweichung von jenem Intervall bei zunehmender Verengung.

Um zu untersuchen, in welcher Weise die harmonischen Obertöne durch das Uebergreifen der Schwingungsbewegung über die Mündung cylindrischer Röhren, sowie durch

theilweise Deckung dieser Mündungen afficirt und ob etwa das einfache harmonische Verhältniß zum Grundton durch diese Umstände gestört werde, wurden zunächst dem Glasrohr *B*, welches 928^{mm} lang war und 22^{mm} inneren Durchmesser hatte, der Grundton und die 5 ersten Obertöne entlockt. Da es sich hier nur um Verhältnißzahlen handelt, so theile ich nur die Längen der gleich gestimmten Saiten mit. Der Grundton wurde mit besonderer Sorgfalt bestimmt und auch die Obertöne nach dem oben angedeuteten Verfahren doppelt gemessen.

Grundton.	Obertöne:				
	Erster	Zweiter	Dritter	Vierter	Fünfter
784,4	393,1	261,2	194,8	156,4	129,8
783,7	391,1	259,7	193,9	155,6	128,9
784,6	392,1	260,5	194,4	156,0	129,4
783,4					
Mittel 784,0					

Vergleichung.			
Grundton.	Berechnet.	Beobachtet.	Unterschied.
—	—	784	—
1 Oberton	392	392,1	+ 0,1
2 „	261,3	260,5	— 0,8
3 „	196,0	194,4	— 1,6
4 „	156,8	156,0	— 0,8
5 „	130,7	129,4	— 1,3

Die Differenzen sind zwar außer der ersten sämtlich negativ, allein sie wachsen nicht regelmäßig und erklären sich vielleicht theilweise daraus, daß der Grundton in dem engmensurirten Rohre nur bei schwachem Blasen ansprach und leicht etwas zu tief gefunden werden konnte. Jedenfalls stehen die Obertöne äußerst nahe in reinem harmonischem Verhältnisse zu dem Grundton.

Dieser Satz leidet aber keine Anwendung mehr, wenn eine Verengung der Pfeifenmündung stattfindet. Das Glasrohr *C* von 706^{mm},5 Länge und 56^{mm},5 inneren Durchmesser, gab, als es einerseits mit Deckeln von starkem Eisenblech

geschlossen wurde, welche centrale kreisförmige Oeffnungen von 12, 9 und 4^{mm} enthielten, die folgenden Oberreihen:

Töne.	Beiderseits ganz offen.	Einerseits ganz offen, andererseits Oeffnungen von					
		12 ^{mm}		9 ^{mm}		4 ^{mm}	
			Prod.		Prod.		Prod.
Grundton	486	635	635	654	654	742	742
1. Oberton	243	285,6	571,2	297	594	309	618
2. »	162	182,7	548,1	183	549	187,8	563,4
3. »	121,5	133,9	535,6	134	536	137,5	540,0
4. »	97,2	105,0	525,0	106,5	532,5	107,0	535,0
5. »	81,0	.	.	87,0	522,0	.	.

Bei beiderseits ganz offener Pfeife wurde nur der Grundton beobachtet, die Obertöne sind berechnet. Neben den bei verschiedenen engen Oeffnungen beobachteten Oberreihen sind die Producte der Saitenlänge mit den einfachen harmonischen Verhältnisszahlen angegeben, damit man deutlich erkenne, dass zwar auch die Obertöne bei theilweiser Deckung der Pfeifenmündung ebenfalls tiefer werden, sich aber von den entsprechenden Obertönen der offenen Pfeife um so weniger unterscheiden, von je höherer Ordnung der Oberton ist. Durch Deckung bis auf eine Oeffnung von 9^{mm} Durchmesser ist der Grundton der Pfeife um eine Quarte, der fünfte Oberton aber kaum mehr als einen halben Ton tiefer geworden. Dass es nicht anders seyn könne, liegt zu Tage, da die inneren zwischen zwei Knotenflächen liegenden Abtheilungen in cylindrischen Röhren unter allen Umständen einer Halbwelle gleichkommen und die durch die Deckung hervorgerufene Verkürzung des letzten Wellenviertels einen immer kleineren Theil der ganzen Röhrenlänge trifft.

Da die obigen Messungen mittelst eines horizontalen Monochords gemacht worden waren, also die Berechnung der Wellenlängen nicht gestatten, so wurde Eine Reihe mit Benutzung des Weber'schen Monochords wiederholt.

Die Temperatur war $12^{\circ},5$; die Spannung 5000^{gr} ; das Gewicht von 1 Meter Saitenlänge 612^{mgr} .

Töne.	Ganz offen		Oeffnung von 9mm		$L + \frac{C}{2}$	$(2n+1)\frac{\lambda}{4}$	Unterschiede.
	Saitenlänge.	Halbwelle	Saitenlänge.	Halbw. $\frac{\lambda}{2}$			
Grundton	618,9	744,8	844,3	1016,1	725,8	508	217,8 290,5
1. Oberton	309,4	372,4	373,2	449,3	725,8	673,9	51,9 172,7
2. „	206,3	248,3	238,4	286,9	725,8	717,2	8,6 134,8
3. „	154,7	186,2	171,6	206,5	725,8	722,7	3,1 100,1
4. „	123,8	150,0	133,5	160,6	725,8	722,7	3,1 77,1

Der Durchmesser der Röhre ist $56^{\text{mm}},5$, die Correction wegen Uebergreifens der Schwingungen über die Röhrenmündungen daher $C = 0,68 \cdot 56,5 = 38,7$. Bei gedeckter Röhre ist aber hiervon nur die Hälfte der Röhrenlänge L zuzusetzen. Zieht man von der so corrigirten Länge $= 725,8$ den Betrag von $(2n+1)\frac{\lambda}{4}$ ab, wo n die Stufenzahl des Obertones bedeutet, bei dem Grundton also $= 0$ zu setzen ist, so erhält man die Gröfse der an die enge Oeffnung gränzenden Abtheilung. Die letzte Spalte enthält die Stücke, um welche man sich durch die Wirkung der Deckung die Röhre verlängert denken kann. Sie sind um so kleiner, von je höherer Ordnung der Oberton ist.

Als unzweifelhaftes Resultat ergibt sich aus obigen Beobachtungen, dafs die Obertöne theilweise gedeckter Pfeifen ein reines harmonisches Verhältnifs zum Grundton nicht besitzen. Bei den Orgelpfeifen, welche sämmtlich als theilweise gedeckte zu betrachten sind, ist dieser Umstand von keinem Belang, weil bei ihnen die Obertöne nicht zur Anwendung kommen. Dagegen müfste er bei der Flöte, deren Mundloch nur etwa das halbe Lumen hat, wie die Bohrung der Röhre, störend wirken, wenn ihm nicht durch ein empirisch aufgefundenes Mittel begegnet wäre. Bekanntlich befindet sich bei der Flöte oberhalb des Mundlochs noch eine Kammer, welche durch einen verschiebbaren Pfropf vergrößert oder verkleinert werden kann. Die in dieser Kammer befindliche Luft bewirkt durch ihre Betheiligung an

der Schwingungsbewegung ein Tieferwerden des Tones, aber dieser Einfluss ist nur gering auf den Grundton, er wird um so größer, je kürzer die im Flötenrohr zunächst dem Mundloch schwingende Abtheilung, von je höherer Ordnung also der Oberton ist.

Um diese Compensation an einem Beispiel kennen zu lernen, liefs ich ein cylindrisches Rohr von Weifsblech 557^{mm} lang und 20^{mm} weit in ein rechteckiges Holzklötzchen einschieben und durch dieses eine Bohrung von ebenfalls 20^{mm} Weite rechtwinklig gegen die Axenrichtung des Rohres einsenken, so dafs ich auf diese Weise ein seitliches Mundloch von der vollen Weite des Cylinders erhielt. Plättchen von Eisenblech mit Bohrungen von 15, 14 und 10^{mm} Weite konnten auf die Fläche des Klötzchens, in welche die Bohrung eingetrieben war, mit Wachs befestigt und so das Mundloch auf geringere Weite gebracht werden. Das eine Ende des Rohrs stand von der Axe des Mundlochs 510^{mm}, das andere Ende 47^{mm} ab. Dieses kleinere Stück repräsentirte, wenn es geschlossen wurde, die an den Flöten oberhalb des Mundlochs befindliche Kammer. Das Niveau des Mundlochs stand 14^{mm} von der Axe des Rohrs ab, so dafs, wenn die Kammer scharf an der Kante des Mundlochs abgeschlossen war, das ganze Rohr eine schwingende Luftsäule von etwas weniger als 524^{mm} Länge repräsentirte. Ich führe beispielsweise die folgende Messung an:

Töne.	Das Mundloch auf 10 ^{mm} verengt.			
	Das Flötenrohr ohne Kammer.		Das Flötenrohr durch eine Kammer von 47 ^{mm} verlängert.	
	s	n. s.	s	n. s.
Grundton	454,0	454,0	455,1	455,1
1. Oberton	226,4	452,8	228,8	457,6
2. Oberton.	149,4	448,2	155,1	465,3

Da es sich nur um Verhältniszahlen handelt, so sind auch nur die Saitenlängen des Monochords angegeben. Die

Temperatur war $14^{\circ},0$, die Spannung der Saite 5000^{gr} , 1 Meter Saitenlänge wog 612^{mgr} . Neben den beobachteten Saitenlängen stehen die Producte aus den harmonischen Verhältnisszahlen und, wie man sieht, waren die Obertöne, wenn das Flötenrohr gleich am Mundloch schloß, zu scharf. Eine am Ende geschlossene Kammer von 47^{mm} , von der Mitte des Mundlochs aus gerechnet, reichte hin, nicht nur diese Abweichung aufzuheben, sondern eine noch größere in entgegengesetztem Sinne hervorzurufen. Die Kammer der Flöte selbst ist in der That auch viel kleiner, nur etwa 17^{mm} lang, und der Instrumentenmacher verschiebt den Pfropf so lange, bis die Octaven d , d_1 und d_2 ihm rein zu stimmen scheinen.

3. Beobachtungen an Halbkugeln.

Man kann nicht annehmen, daß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Schallwellen in einer Luftmasse von der besonderen Gestalt der starren Umgränzung dieser Luftmasse abhängig sey, man hat sie vielmehr unveränderlich von derselben Gröfse wie im freien Luftraume zu denken. Daher kann die Thatsache, daß Cylinder, welchen nicht der volle Querschnitt gelassen ist, sowie verschiedene gestaltete Luftmassen, welche nur durch enge Oeffnungen mit der Atmosphäre in Verbindung stehen, Töne geben, deren Halb- oder Viertelwelle die Dimension dieser Massen vielmals übertrifft, allein aus der besonderen Art zu erklären seyn, wie die Dichte und die Geschwindigkeit der schwingenden Theilchen modificirt werden, während die erregende Welle von der Mundöffnung aus durch das Innere der Pfeife hin- und zurückeilt und welcher Zustand sich in Folge der Zusammensetzung der Bewegungen an der Erregungsstelle selbst herstellt. Um Einiges zur Aufklärung dieser Verhältnisse beizutragen, hielt ich es für vortheilhaft, die geometrischen Verhältnisse der Form möglichst einfach zu wählen, da bei diesen die Aenderungen der Dichte und Schwingungsgeschwindigkeit sich noch am leichtesten übersehen lassen.

Zunächst wählte ich genau ausgeführte Halbkugeln, oben mit Deckeln von Eisenblech verschlossen, welche mehr oder weniger große centrale Oeffnungen enthielten. Da bei dieser Form, wenn die Mundöffnungen im Verhältniß zum Durchmesser der Kugel klein gewählt werden, alle Punkte der Erregungsstelle als in nahe gleichem Abstand von der zurückwerfenden Wandung befindlich, betrachtet werden können, so hoffte ich zu einfachen und für die Theorie brauchbaren Resultaten zu gelangen. Es entsprangen indessen praktische Schwierigkeiten aus der großen Veränderlichkeit der Töne bei verschieden starkem Anblasen, eine Störung, welcher man immer begegnet, wenn die Anblaseöffnung klein im Verhältniß zum Querschnitt der tönenden Luftmasse ist. Ich bestimmte bei den meisten Tönen die untere und obere Gränze, bei welchen sie bei sehr schwachem und bei starkem Blasen eben noch hörbar bleiben, sowie den mittleren Ton, welcher mir am klangvollsten und bestimmtesten anzusprechen schien. Aus zahlreichen Messungen theile ich einige mit, welche an folgenden vier Kugeln angestellt waren:

Die Kugel *a* hatte 125^{mm} Halbmesser, die Oeffnung der Decke war 20^{mm} weit.

» » <i>b</i> »	50,0	»	»	»	»	»	»	»	»
» » <i>c</i> »	37,5	»	»	»	»	»	»	»	»
» » <i>d</i> »	25,0	»	»	»	»	»	»	»	»

Die Temperatur war 17°,5; die Spannung der Saite 5000^{gr}; 1 Meter derselben wog 612^{mgr}.

	<i>a.</i>		<i>b.</i>		<i>c.</i>		<i>d.</i>	
	<i>s</i>	$\frac{\lambda}{4}$	<i>s</i>	$\frac{\lambda}{4}$	<i>s</i>	$\frac{\lambda}{4}$	<i>s</i>	$\frac{\lambda}{4}$
Grundton {	1967,4	1194,8	524,0	318,2	.	.	.	.
	1971,8	1197,6	608,6	369,6	.	.	.	.
Mittel	1969,6	1196,2	566,3	343,9	.	.	.	.
1. Oberton {	850,1	516,2	410,3	227,0	284,6	172,8	.	.
	1184,2	719,0	373,8	249,2	299,0	181,6	.	.
Mittel	1017,7	617,6	392,1	238,1	291,8	177,2	.	.
Beste Ansprache	987,0	594,3	392,5	238,3	295,6	179,5	196,1	119,1
2. Oberton	71,6	43,5	.	.	.	.	.	.

Die Grundtöne der Kugeln *c* und *d* klangen zu leise, um sie mit hinreichender Sicherheit bestimmen zu können. Auch bei den Kugeln *a* und *b* scheint ihre Bestimmung mit Fehlern behaftet zu seyn, da sie dem Gesetz der akustischen Aehnlichkeit nicht entsprechen, was doch zu erwarten wäre, da die Weite der Oeffnungen in demselben Verhältnisse wie die Halbmesser der Kugeln stehen. Dieses Gesetz bewährt sich dagegen in sehr befriedigender Weise bei den ersten Obertönen, wie aus folgender Zusammenstellung hervorgeht:

$$\frac{987}{20} = 49,3; \quad \frac{392,1}{8} = 49,0; \quad \frac{295,6}{6} = 49,3; \quad \frac{196,1}{4} = 49,0.$$

Diese Töne dürfen hiernach wohl als zuverlässig bestimmt gelten. Auch den folgenden mit dem horizontalen Monochord gemachten Messungen, bei welchen die ersten Obertöne bestimmt wurden, entsprechen jenem Gesetze:

Kugel <i>b</i> .		Kugel <i>c</i> .		Kugel <i>d</i> .	
Oeffnung 12mm	Oeffnung 8mm	Oeffnung 9mm	Oeffnung 6mm	Oeffnung 6mm	Oeffnung 4mm
438,0	458,0	330,5	346,0	219,0	229,3

Es ist nämlich:

$$\frac{438}{12} = 36,5; \quad \frac{330,5}{9} = 36,7; \quad \frac{219}{6} = 36,5;$$

$$\frac{458}{8} = 57,3; \quad \frac{346}{6} = 57,6; \quad \frac{229}{4} = 57,3.$$

Gehen wir zu den ersteren Messungen zurück, so können wir aus denselben entnehmen, daß die Viertelwelle des Grundtones den Halbmesser der Kugel vielmal übertrifft:

$$\frac{1196,2}{125} = 9,6; \quad \frac{343,9}{50} = 6,88.$$

Auch bei dem ersten Oberton ist dasselbe noch der Fall. Jeder folgende Ton lag aber bei den kleineren Kugeln so hoch, daß seine Bestimmung nicht mehr sicher war. Nur bei der Kugel *a* konnte ich noch einen dritten Ton bestimmen, welcher jedoch um mehr als drei Octaven höher

lag, als der vorhergehende erste Oberton. Ich konnte indessen keinen zwischen beiden liegenden erhalten und ich betrachte es auch von theoretischer Seite aus als wahrscheinlich, daß ein solcher nicht mehr vorhanden ist, da in diesem Falle zwei Schwingungsbäuche getrennt von der kugelförmigen Wand und der Mundöffnung vorhanden seyn müssen, so daß die zwischen ihnen begriffene Halbwelle kleiner seyn muß, als der Halbmesser der Kugel.

4. Beobachtungen an konischen Röhren.

Etwas mehr Einsicht in den inneren Schwingungszustand gewährten mir die *konischen* Pfeifen, da ich bei diesen nicht nur die Tonhöhen bestimmen, sondern auch die Lage der Knotenflächen experimentell nachweisen konnte, wozu es mir bei den Kugeln an einem Mittel fehlte. Die Kenntniß der in konischen Pfeifen herrschenden Schwingungsgesetze hat einiges Interesse für den Instrumentenbau, da außer der Flöte und Clarinette alle übrigen im Orchester gebräuchlichen Blasinstrumente Luftsäulen von konischer Form enthalten.

Ich wandte bei den Versuchen die folgenden sieben Röhren von Weißblech an, sämmtlich von 485^{mm},4 Länge, deren erste cylindrisch, die folgenden immer stärker konisch verjüngt und bis auf die letzte oben (am engeren Ende und unten (am weiteren Ende) offen waren:

Bezeichnung.	Oberer Durchmesser.	Unterer Durchmesser.	Verhältniß beider.
c	16,6 ^{mm}	16,6 ^{mm}	1,000
e	15,4	18,2	1,182
f	13,9	19,0	1,367
g	11,8	23,5	1,991
h	8,6	25,8	3,000
k	6,6	26,1	3,955
l	0,0	28,9	∞

Die oberen und unteren Durchmesser waren so gewählt, daß die beim Anblasen in Bewegung zu setzenden Luftmassen sehr nahe gleich ausfielen. Die Röhre *k* erreicht

etwa den höchsten Grad von Konicität, welcher bei Blasinstrumenten vorkommt.

Für die folgenden Grund- und Aliquottöne der Kegel sind zunächst nur die Längen der gleich gestimmten Monochordsaiten aufgeführt. Es wurden jedesmal zwei Beobachtungen gemacht, wobei der Kegel einmal am engeren und einmal am weiteren Ende angeblasen wurde. Eine Ausnahme hiervon macht der zweite Oberton des Kegels *h*, welcher durch Anblasen am weiteren Ende nicht leicht zu erhalten war.

I. Die Kegel oben und unten offen.

	Erregungsstelle.	<i>c</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	Mittel.
Grundton	unten	410,2	410,4	410,0	409,9	412,0	409,6	410,6	
	oben	410,5	409,6	409,1	408,7	411,6	409,7	412,1	
		410,3	410,0	409,5	409,3	411,8	409,7	411,3	410,3
1. Oberton	unten	203,2	202,4	.	.	203,0	.	204,5	
	oben	203,7	202,0	.	.	203,6	.	204,4	
		203,5	202,2	.	.	203,3	.	204,4	203,4
2. Oberton	unten	134,5	135,2	.	.	136,0	.	136,7	
	oben	134,2	134,6	.	.	135,0	.	135,0	
		134,4	134,9	.	.	135,5	.	136,7	135,3

Aus diesen Versuchen folgt, daß kegelförmige Röhren, wenigstens innerhalb der Gränzen der Konicität, welche bei den obigen Röhren vorhanden waren, gleichen Grundton und gleiche Aliquottöne geben, wie gleich lange Cylinder. Merkwürdig ist, daß selbst dann, wenn der obere Durchmesser Null wird, also der Kegel einerseits ganz geschlossen ist, die Tonhöhe derjenigen eines gleich langen, beiderseits offenen Cylinders gleich bleibt.

Es wurden nun die Kegel das eine Mal oben, das andere Mal unten geschlossen und durch Anblasen am offen gebliebenen Ende die Grundtöne und die beiden ersten Obertöne bestimmt:

II. Am oberen (engeren) Ende geschlossen.

	<i>c</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>
Grundton {	821,3	784,2	727,8	624,2	573,4	529,9	410,6
	820,0	787,1	727,7	624,8	572,1	.	412,1
Mittel	820,6	785,6	727,8	624,5	572,8	529,9	411,3
1. Oberton {	273,2	271,0	268,6	263,2	254,3	.	204,5
	273,1	271,4	267,6	264,5	255,2	.	204,4
Mittel	273,2	271,2	268,1	263,9	254,8	.	204,4
2. Oberton {	163,8	162,4	161,5	158,7	156,2	.	136,7
	164,0	162,3	161,9	.	155,2	.	.
Mittel	163,9	162,4	161,7	158,7	155,7	.	136,7

In diesem Falle ändert sich, wie man sieht, das Verhältniß der Obertöne zum Grundton mit dem Grade der Konicität. An der einen Gränze steht der Cylinder, dessen Obertöne nach der Reihe 1, 3, 5 . . . folgen, an der anderen Gränze der Kegel *l*, dessen Obertöne die Reihe 1, 2, 3 . . . einhalten und zwischen beiden findet ein stetiger Uebergang statt. Je kleiner der obere geschlossene Querschnitt des Kegels zu dem unteren offenen ist, desto mehr nähert sich der Grundton und die Folge harmonischer Töne derjenigen offener cylindrischer Pfeifen.

III. Das untere (weitere) Ende geschlossen.

	<i>c</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>
Grundton {	821,3	850,5	938,9	1103,6	1343,3	.	.
	820,0	850,3	938,7	1103,3	.	.	.
Mittel	820,6	850,4	938,8	1103,5	1343,3	.	.
1. Oberton {	273,2	274,2	274,1	274,1	274,0	.	.
	273,1	273,6	274,0	274,0	274,5	.	.
Mittel	273,2	273,9	274,1	274,1	274,3	.	.
2. Oberton {	163,8	162,3	162,5	164,3	162,7	.	.
	164,0	162,7	162,4	164,2	162,1	.	.
Mittel	163,9	162,5	162,5	164,3	162,4	.	.

Die Beobachtungen dieser Reihe sind nicht ganz so zuverlässig, wie diejenigen der vorhergehenden Reihen, weil das Anblasen an der engeren Oeffnung mit Schwierigkeiten verbunden war. Namentlich gilt dies von den Grund-

tönen der Kegel *g*, *h* und *k*. Der Einfluss der Konicität ist vorzugsweise bei den Grundtönen bemerkbar, sie werden um so tiefer, je stärker der Kegel sich verjüngt. Beim ersten Oberton ist nur noch ein äußerst schwaches Sinken zu bemerken, beim zweiten Oberton verdecken die Unregelmäßigkeiten der Beobachtung eine etwa vorhandene kleine Aenderung.

Um nähere Kenntniss von dem Schwingungszustande im Innern der kegelförmigen Luftmasse zu erhalten, suchte ich die Lage der Knotenflächen zu bestimmen. Da ein verschiebbarer Kolben nicht anzuwenden ist, senkte ich die Pfeifen jedesmal so weit in Wasser, bis der vorher auf die Monochordsaite übertragene Ton wieder hörbar wurde. Das Weisblech gewährte dabei den Vorzug, dass das Wasser vermöge des Grades der Adhäsion sich scharf an der starren Wandung abgränzte, ohne bemerkbare Elevation oder Depression.

Um zu untersuchen, ob die flüssige Wasseroberfläche mit hinreichender Annäherung die Stelle eines starren unbeweglichen Bodens bei der Aufsuchung der Knotenfläche vertreten könne, reichte es hin, das Verfahren auf cylindrische Röhren anzuwenden. Wenn der Cylinder *C* den Grundton gab, wurde die Knotenfläche im Abstand von 241^{mm} sowohl von dem einen als von dem anderen Ende bestimmt. Man hätte diese Abstände = 242^{mm},7 finden müssen. Diese Abweichung ist zwar klein genug, um sie den Beobachtungsfehlern zuschreiben zu können; allein ich hielt es doch für zweckmässig, bei der Aufsuchung der Knotenflächen in den konischen Pfeifen die Bestimmung jedes Mal von zwei Seiten her zu machen, so dass das eine Mal am engen, das andere Mal am weiteren Ende angeblasen wurde. Fast immer blieb zwischen den so bestimmten Stellen ein kleines Intervall, welches ich zur definitiven Bestimmung der Lage des Knotenpunktes im Verhältniss der betreffenden Abstände von den Enden der Pfeife auf diese vertheilte. So wurden die in folgender Tafel enthaltenen verbesserten Abstände aus den beobachteten abgeleitet.

Röhren.	Abstand der Knotenfläche.				
	Beobachtet		Summe.	Verbessert	
	vom engen Ende.	vom weiten Ende.		vom engen Ende.	vom weiten Ende.
	Millim.	Millim.		Millim.	Millim.
<i>c</i>	241,0	241,0	482	242,7	242,7
<i>e</i>	232,0	244,0	476	236,6	248,8
<i>f</i>	227,0	252,5	479,5	229,8	255,6
<i>g</i>	211,0	274,4	485,4	211,0	274,4
<i>h</i>	185,0	289,4	474,4	189,5	295,9
<i>k</i>	174,0	298,2	472,2	178,7	306,7
<i>l</i>	0	485,4	485,4	0	485,4

Während die Höhe des Grundtones aller dieser Röhren eine gleiche ist, rückt die Knotenfläche dem engen Ende um so näher, je stärker sich die Röhre konisch verjüngt. Damit hängt ohne Zweifel zusammen, daß, wenn das enge Ende geschlossen, also die Knotenfläche hierhin verlegt wird, der Ton um immer kleinere musikalische Intervalle herabgeht, je stärker die Konicität ist, daß aber im umgekehrten Falle, wenn das weitere Ende geschlossen wird, der Ton um mehr als eine Octave sinkt. Die Grenzen dieser Veränderungen für die Reihe *c* bis *l* sind $n : \frac{n}{2}$ und $n : n$ im ersten Falle, $n : \frac{n}{2}$ und $n : 0$ im letzten Falle, wenn n die Schwingungsmenge des beiderseits offenen Cylinders ist. Das Verhältniß der Saitenlängen an diesen Grenzen ist:
im ersten Falle 1 : 2 und 1 : 1
im zweiten Falle 1 : 2 und 1∞ .

Die Lage der Knotenflächen sowohl bei Grundtönen als bei Obertönen konischer Röhren, sowie die Aenderungen der Tonhöhe, welche eintreten, wenn die Röhren am engen oder am weiten Ende geschlossen werden, lassen sich aus den Dichtigkeitsänderungen berechnen, welche in den Wellen beim Durchlaufen der konischen Röhren eintreten müssen.

Gesetzt, daß eine Welle, in welcher die Verdichtung und Oscillationsgeschwindigkeit der Theilchen dem bekannt-

ten Ausdrücke $\sin 2\pi \frac{t}{T}$ proportional sind, in ein cylindrisches Rohr von der Länge $L = \frac{aT}{2}$ eintrete, wo a die Geschwindigkeit des Schalles in der Luft bezeichnet, so würde, nachdem der Anfang der Welle das Röhrenende erreicht hat, der Zustand der Luft in derselben durch den Ausdruck $\sin \pi \frac{x}{L}$ dargestellt seyn, wo x jede beliebige Entfernung von der Eintrittsstelle der Welle bedeutet. Das Maximum der Schwingungsgeschwindigkeit und der Verdichtung oder Verdünnung, je nachdem es sich um eine positive oder negative Welle handelt, fällt in den Abstand $x = \frac{L}{2}$. Anders aber gestalten sich die Verhältnisse beim Eintritt einer Welle in ein konisches Rohr. Gesetzt, die Welle tritt am engen Ende vom Durchmesser d ein, und hat eben das weite Ende vom Durchmesser D erreicht, so ist der Schwingungs- und Verdichtungszustand der Luft in dem Rohr, da die lebendige Kraft, vermöge der immer gleichbleibenden Fortpflanzungsgeschwindigkeit, sich auf Schichten von stets gleicher Dicke, aber zunehmender Durchschnittsfläche überträgt, ausgedrückt durch

$$\frac{\sin \pi \frac{x}{L}}{d + \frac{(D-d)x}{L}}$$

Sucht man den Abstand x , für welchen dieser Ausdruck seinen größten Werth annimmt, so findet man die Stelle, wo die Luft am stärksten verdichtet ist, und an diese nämliche Stelle fällt auch, wenn sich der stehende Schwingungszustand festgestellt hat, der Schwingungsknoten. Man gelangt zu der Gleichung:

$$\frac{d\pi}{D-d} + \alpha = \tan \alpha, \text{ wo } \alpha = \frac{\pi x}{L}$$

und dieser Ausdruck giebt folgende Vergleichung mit der Beobachtung:

Röhren.	Lage der Knoten.			
	Berechnet		Beobachtet	Unterschied.
	$\alpha.$	$x.$	$x.$	
<i>c</i>	90° 0'	242,7	242,7	0
<i>e</i>	86 58	234,5	236,6	+ 2,1
<i>f</i>	84 20	227,4	229,8	+ 2,4
<i>g</i>	77 32	209,2	211,0	+ 2,0
<i>h</i>	70 33	189,7	189,5	— 0,2
<i>k</i>	65 32	176,7	178,7	+ 2,7
<i>l</i>	0 0	0,0	0,0	0

Durch eine constant wirkende Störung sind die beobachteten Werthe um 2 Millimeter gröfser geworden, als die berechneten; dieser Unterschied ist indessen so klein, dafs die Richtigkeit der obigen Schlüsse offenbar durch die angeführten Beobachtungen ihre Bestätigung erhält.

Wenn man annimmt, in der konischen Röhre sey an der Stelle, wo nach der oben gegebenen Formel die Knotenfläche hinfällt, ein starrer Boden angebracht, so zerfällt sie in zwei Röhrenstücke von ungleicher Länge, welchen aber gleiche Tonhöhe zukommt, wenn sie an dem offenen Ende als Pfeifen angeblasen werden. Offenbar giebt demnach dasjenige Röhrenstück, dessen engeres Ende offen steht, einen tieferen, dasjenige, dessen weiteres Ende offen steht, einen höheren Ton, als ein vom einen Ende geschlossenes cylindrisches Rohr von gleicher Länge. Da die Halbwelle jedes der beiden Töne der Länge L des konischen Rohres, durch dessen Theilung man die beiden Stücke erhielt, gleichkommt, so kann man aus der obigen Formel für jeden am engeren oder weiteren Ende geschlossenen Kegel die Tonhöhe ableiten, wenn man x oder $L-x$ in jener Formel als die bekannten Gröfsen annimmt und nunmehr dieselben durch die Länge des betreffenden Rohres ersetzt, während man L in jener Formel als die Unbekannte ansieht und etwa durch λ , nämlich die Halbwelle des gesuchten Tones, ersetzt. Es sey die Länge des betreffenden Rohres wiederum L , so erhält man für die Bestimmung von λ die Gleichungen:

Für am *engen* Ende
geschlossene Pfeifen:

$$\frac{d}{D-d} \alpha = -\tan \alpha;$$

$$\text{wo } \alpha = \frac{\pi L}{\lambda}.$$

Für am *weiten* Ende
geschlossene Pfeifen:

$$\frac{D}{D-d} \alpha = \tan \alpha;$$

$$\text{wo } \alpha = \frac{\pi L}{\lambda}.$$

Offenbar kann man den Quotienten $\frac{L}{\lambda}$ auch durch das Verhältniß der Saitenlängen $\frac{s}{s}$ am Monochord ersetzen, welche die nämlichen Töne geben, wie das konische Rohr, wenn es ein Mal beiderseits offen, das andere Mal einerseits geschlossen als Pfeife angeblasen wird. Hiernach ergibt sich folgende Vergleichung der Rechnung mit den oben mitgetheilten Beobachtungen:

Röhren.	Am engen Ende gedeckt.			Am weiten Ende gedeckt.		
	Berechnet		Beobachtet	Berechnet.		Beobachtet.
	$\alpha.$	$s.$		$\alpha.$	$s.$	
<i>c</i>	90° 0'	820,6	820,6	90° 0'	820,6	820,6
<i>e</i>	96 10	768,0	785,6	84 1	877,0	850,4
<i>f</i>	101 38	726,7	727,8	78 58	935,0	938,8
<i>g</i>	116 14	635,4	624,5	66 45	1066,7	1103,5
<i>h</i>	131 10	566,0	572,8	55 30	1312,9	1343,3
<i>k</i>	140 47	524,5	529,9	48 45	1515,0	.
<i>l</i>	180 0	410,3	411,3	0 0	∞	.

Die Abweichungen zwischen Beobachtung und Rechnung belaufen sich zwar in vorstehender Tabelle bis zu 3 Procent des ganzen Werthes, während doch die Tonmessungen sicher nicht um 1 Procent unrichtig sind. Allein einestheils war es nur bei sehr verschiedener Windstärke möglich, die Töne der gedeckten konischen Röhren zu erhalten und diese standen in ihrer Tonhöhe nicht so fest, wie diejenigen der beiderseits offenen Röhre, für welche die oben mitgetheilte Bestimmung der Knotenlage gemacht worden war; anderentheils waren die konischen Röhren nicht von dem Mechanikus, sondern von dem Klempner gearbeitet und hatten darum keineswegs die Genauigkeit

der Form, welche für eine solche Untersuchung zu wünschen gewesen wäre. Dafs die Fehler bei den Röhren e und g , je nachdem das engere oder das weitere Ende geschlossen war, im entgegengesetzten Sinne lagen, deutet auf einen Einflufs der letzteren Art. Die Tonbestimmungen für e schienen einer weniger konischen, die für g einer stärker konischen Röhre zuzukommen.

Es folgt nun aus den mitgetheilten Erfahrungen, dafs die Obertöne einer beiderseits offenen konischen Röhre die nämlichen sind, wie die einer cylindrischen, dafs also die zwischen je zwei Schwingungsbäuchen begriffenen Abtheilungen durchaus in den engeren und weiteren Theilen der konischen Röhre gleiche Länge haben. Eine besondere experimentelle Bestätigung dieser Folgerung durch Aufsuchung der Schwingungsbäuche habe ich für überflüssig gehalten.

Anders verhält es sich übrigens mit den zwischen je zwei Schwingungsknoten liegenden Abtheilungen, diese fallen durch die eben entwickelte Verschiebung der Knotenpunkte, deren Betrag in den engeren und weiteren Theilen der konischen Röhren keineswegs gleich ist, um so länger aus, je mehr man sich dem engeren Ende der Röhre nähert.

Gesetzt die konische Röhre gebe ihren n ten Naturton oder ihren $(n-1)$ ten Oberton, so dafs sie also in n schwingende Abtheilungen zerfällt, so findet man den Abstand x der Knotenflächen vom engeren Ende jeder Abtheilung aus folgenden Gleichungen:

in der m ten Abtheilung vom engen Ende aus:

$$\left(\frac{nd}{D-d} + m - 1\right)\pi + \frac{n\pi x_m}{L} = \tan \frac{n\pi x_m}{L},$$

in der $m+1$ ten Abtheilung vom engen Ende aus:

$$\left(\frac{nd}{D-d} + m\right)\pi + \frac{n\pi x_{m+1}}{L} = \tan \frac{n\pi x_{m+1}}{L}.$$

Die Länge der zwischen beiden Knotenflächen begriffenen Schwingungsabtheilung ist daher:

$$A = \frac{L}{n} + x_{m+1} - x_m.$$

Da $x_{m+1} - x_m$ immer größer ist als Null, so ist es der allgemeine Charakter dieser Abtheilungen, daß sie länger sind als die Halbwelle des Tones und zwar um so mehr, je stärker die Konicität der Röhre ist und je näher die Abtheilung dem engen Ende der Röhre liegt.

Unter den zahlreichen Bestätigungen, welche ich für diese Schlüsse erhalten habe, hebe ich nur die folgenden heraus:

Obertöne der konischen Röhre h ($D=3$, $d=1$).

	Abstände der Knotenflächen vom engen Ende.		Länge der Ab- theilungen.	Aus dem Ton berechnete Halbwelle.
	Beobachtet.	Berechnet.		
	Millim.	Millim.	Millim.	Millim.
1. Oberton	101,0	104,5	254,3	246,8
	361,0	358,8		
2. Oberton	68,1	72,6	164,6	161,8
	238,0	237,2	163,1	
	406,5	400,3		

Je höher der Grad des Obertones ist, desto mehr werden die Knotenräume einander und der Halbwelle des gemessenen Tones gleich. In besonders auffallender Weise müssen die angeführten Gesetzmäßigkeiten bei dem vollen Kegel sich herausstellen.

Obertöne des Kegels l ($D=28^{\text{mm}},9$; $d=0$).

	Abstände der Knotenflächen von der Spitze.		Länge der Ab- theilungen.	Berechnete Halbwelle.
	Beobachtet.	Berechnet.		
	Millim.	Millim.	Millim.	Millim.
1. Oberton	0	0	348,2	248
	351,4	348,2		
2. Oberton	0	0	232,1	165,7
	237,4	232,1		
	404,4	401,4		

Die Lage der Knotenflächen suchte ich in diesem Falle so zu bestimmen, daß ich den Oberton auf das Monochord übertrug und dann Wasser in den Kegel goß, bis derselbe

Ton wieder hergestellt war und dafs ich endlich den Abstand des Niveaus von der Grundfläche des Kegels ausmittelte. Ungeachtet dieses Verfahren wenig Genauigkeit verspricht, stimmen die Resultate der Beobachtung und der Rechnung doch ziemlich befriedigend. Bei dem zweiten Oberton verhalten sich zwei benachbarte Knotenräume fast wie 3:2, der letztere aber übertrifft die Länge der Halbwelle nur noch um Weniges.

Dieser Umstand, welcher auch bei den einerseits gedeckten konischen Pfeifen eintritt, hat zur Folge, dafs die Konicität auf die Aenderung der Obertöne einen weit geringeren Einflufs äufsert, als auf diejenige der Grundtöne, eine um so geringere, von je höherer Ordnung der Oberton ist. Die Tafel III S. 203 bietet dafür ein sprechendes Beispiel.

Ich denke, die hier entwickelte Betrachtungsweise auf die im dritten Abschnitt behandelten Formen, sowie auf mehrere andere, welche vermöge ihrer Regelmässigkeit der Rechnung zugänglich sind, anwenden zu können, und hoffe, dafs diese Betrachtungsweise überhaupt die Handhabe bieten werde, den noch so räthselhaften Schwingungszustand der Luft in engen Räumen aufzuklären.

Dafs ich die für vorstehende Beobachtungen unentbehrlichen Mefswerkzeuge des hiesigen physikalischen Cabinetes benutzen konnte, danke ich der Liberalität meines verehrten Freundes, des Hrn. Prof. Buff.

Nachtrag.

Erst nachdem ich obige Resultate niedergeschrieben und abgesendet hatte, wurde ich durch eine Mittheilung Hrn. Sénamont's auf eine schon vor mehren Jahren erschienene, ausgezeichnete mathematische Untersuchung Duhamel's¹⁾ über die Bewegung der Luft in cylindrischen und konischen Röhren aufmerksam, worin mittelst allgemeiner gehaltener Analyse viele der Resultate abgeleitet sind, zu

1) Liouville, *Journ. des mathémat. pures et appliquées*, Tome XIV, p. 49.

welchen ich auf inductivem Wege gelangte. Duhamel spricht am Schlusse seiner Arbeit, welche in Deutschland noch nicht nach Verdienst gewürdigt zu seyn scheint, die Hoffnung aus, durch experimentirende Physiker entweder Bestätigung oder Widerlegung seiner theoretischen Ableitungen zu erhalten. Es gereicht mir zur Freude, daß ich, ohne Duhamel's Entwicklungen zu kennen, eine umfassende experimentelle Bestätigung derselben durch die oben mitgetheilten Versuche zu geben vermochte.

Giessen, im November 1855.

III. *Ueber die Ladung der Leydener Batterie durch elektromagnetische Induction; von J. H. Koosen.*

Das Ergebniss einer zahlreichen Reihe von mir über diesen Gegenstand angestellter Versuche läßt sich in Kurzem in folgende Worte zusammenfassen: Die Ladung einer Leydener Flasche oder überhaupt einer Ladungstafel durch den Inductionsstrom einer Ruhmkorff'schen Maschine ist immer möglich, sobald nur dieser Strom eine solche Spannung hat, daß er zwischen den Poldrähnen in einer wenn auch noch so kleinen Entfernung (Schlagweite des Inductionsstromes) frei durch die Luft geht; die Ladung geschieht dann nach der einfachen Regel, daß man den einen Pol mit der einen Belegung metallisch verbindet, den anderen Pol in möglichste Nähe aber nicht in unmittelbare Berührung mit der anderen Belegung bringt, so daß die Elektrizität durch die Luft in Funken auf diese letztere überspringt. Die Stärke der auf diese Weise erhaltenen Ladung, d. h. die Dichtigkeit der Elektrizitäten auf den Belegungen, sowie am Zuleitungsdrahte ebenso daher auch die Schlagweite, sind wie ich sogleich nachweisen werde, abhängig von einer großen Anzahl äußerer Umstände und Factoren,

aber bedingt durch Gesetze, welche mit denjenigen, welche von Hrn. Riefs für die Ladung der Leydener Batterie durch Reibungselektricität aufgestellt worden sind, völlig identisch zu seyn scheinen. Die Elektricität des galvanischen Stromes wird unter Mitwirkung der Inductionsrollen in der That in gemeine Elektricität verwandelt und gehorcht allen Gesetzen, welche für die aus Reibung entstandene Elektricität aufgefunden worden sind. Der Unterschied ist in beiden nur quantitativ, indem die Spannung der durch die Inductionsmaschine gelieferten Elektricität im Allgemeinen hinter der aus Reibung entstandenen zurückbleibt, in der Quantität hingegen die letztere in überaus grossem Maasse übertrifft; so dafs in Bezug auf die Ladung der Leydener Flasche, wie sich voraussehen läfst, die galvanische Kette eine grofse Menge Elektricität auf den Belegungen der Flasche, wenn diese nur hinreichend grofs sind, in unglaublich kurzer Zeit bindet, während die gewöhnliche Elektrisirmaschine *caeteris paribus* die an die Belegungen abgegebene Elektricität zu weit gröfserer Dichte (und folglich auch Schlagweite bei der Entladung der Flasche) bindet; dieser Procefs aber längere Zeit erfordert, während eine durch den Inductionsstrom geladene Batterie in kurzer Zeit viele Male geladen und entladen werden kann.

Die merkwürdige Eigenschaft der Elektricität von hoher Spannung, auf einander nahestehenden, von einander isolirten, leitenden Flächen bleibend gebunden zu werden, ist eine so stetige und unfehlbare Begleiterin derselben, dafs es mich gewundert hat, bei den in den letzten Jahren so häufig angestellten Versuchen mit Inductionsströmen von hoher Spannung dieses Phänomens so selten gedacht zu finden. So bemerkt Hr. Poggen dorff (diese Ann. Bd. 94, S. 326), dafs er keine bleibende Ladung einer Flasche durch den Inductionsstrom habe erhalten können, dafs sich nur zuweilen eine Spur von Ladung gezeigt habe, zuweilen nicht, dafs er daher, weil der Strom ein stetig hin- und hergehender sey, keine bleibende Ladung für möglich halte:

sondern die sofortige Entladung der Flasche durch den Schließungsdraht erfolgen müsse ¹⁾. Hr. Sinsteden hingegen erwähnt (diese Ann. Bd. 96, S. 356), daß er häufig eine Leydener Flasche bleibend durch Induction geladen habe, daß er jedoch nur Flaschen von dickem Glase hiezu tauglich gefunden, indem Flaschen von dünnem Glase keine Ladung annehmen; daß ferner die Ladung durch den Rückschlag erfolge, indem jeder Poldraht beide Belegungen mit derselben Elektrizität versehe; daß endlich zur Ladung nur die Differenz der Elektrizitäten der Poldrähte wirksam sey, indem eine Ladung der Flasche nur erfolge, wenn die Poldrähte in ungleichen Abständen von den beiden Belegungen sich befinden.

Diese letzteren Annahmen habe ich in meinen Beobachtungen bestätigt gefunden. Ich habe Batterien von jeder Glasdicke geladen und, wie sich nach den Gesetzen der Reibungselektrizität erwarten liefs, Flaschen von dünnem Glase leichter als von dickem, wenn nur die sonstige Einrichtung der Flaschen, namentlich in Betreff ihrer Isolirung, derart war, daß die Belegungen Elektrizität von großer Dichtigkeit bleibend zu binden vermochten; hingegen liefs sich in allen Fällen die entstandene Ladung ihrer Stärke nach, wie auch diejenigen Fälle, in welchen keine Ladung stattfand, aus den bekannten Gesetzen, welchen die Vertheilung durch gemeine Elektrizität folgt, erklären; und bedurfte ich hiezu keineswegs der Annahme einer Ladung durch den Rückschlag, noch einer ungleichen Entfernung der Poldrähte von den Belegungen der Batterie, wenn nur der oben erwähnten Bedingung genügt wurde, daß nicht beide Poldrähte in unmittelbarer metallischer Berührung mit den Belegungen standen.

Die im Folgenden angeführten Versuche wurden im Allgemeinen mit einem Inductionsstrome angestellt, welcher an meiner Maschine durch ein Grove'sches Element erregt wurde und eine Schlagweite zwischen den Poldrähten von 4 bis 6 Linien hatte; dieser Strom hat hinreichende Stärke um alle Ladungsphänomene auf das Genaueste zu prüfen;

1) So habe ich mich nun gerade nicht ausgedrückt.

nur in wenigen Fällen habe ich noch stärkere Ströme angewandt; in manchen Fällen war ich genöthigt zu viel schwächeren Strömen überzugehen, welche nur 1 Linie Schlagweite hatten und durch ein schwach geladenes Daniell'sches Element erregt wurden.

Verbindet man beide Poldrähte mit den Belegungen der Flasche unmittelbar, so erhält man keine Ladung; wenn aber beide Belegungen oder nur eine derselben auf der trennenden Schicht des Isolators nur lose aufliegen, so hört man bei der Berührung mit beiden Poldrähten ein eigenthümliches Geräusch in den Belegungen, welches mit dem Hämmern des Stromunterbrechers isochron ist und von unzähligen schnell auf einander folgenden Ladungen und Entladungen der Belegungen herrührt; bei der Ladung ziehen sich beide Belegungen gegenseitig an und schlagen auf die isolirende Schicht, die sie trennt; bei der Entladung, welche in diesem Falle nothwendig durch den Draht der Inductionsrollen erfolgt, sobald das Zuströmen der Elektricitäten zu den Polen aufhört, kehren die Belegungen durch ihre eigene Elasticität wieder in ihre ursprüngliche Lage zurück, bis sie durch eine neue Ladung wieder sich gegenseitig anziehen.

Eine gewöhnliche Leydener Flasche von $\frac{1}{4}$ Quadratfuß Belegung aus 1 Linie dickem Glase wird, wenn man den einen Poldraht mit der freien Belegung metallisch verbindet, auf die andere aus dem anderen Pole Funken überspringen läßt, regelmäfsig jedoch nur schwach geladen, verglichen mit der Ladung, welche dieselbe Flasche durch eine sehr kleine Elektrisirmaschine aufzunehmen im Stande ist: eine solche geringe Ladung findet auch nur dann statt, wenn die Funken aus einer grofsen Entfernung auf den Knopf der Flasche übergehen; verringert man diese Entfernung, so geht zwar ein ununterbrochener Funkenstrom über, aber wenn die Poldrähte von der Flasche entfernt werden, ist es ganz zufällig, ob man eine Ladung vorfindet oder nicht; offenbar folgt hier sehr schnell auf jede Ladung die Entladung durch den Draht der Inductions-

rolle; in dem Funkenstrome, welcher deshalb stetig erscheint, läßt sich jedoch der Entladungsfunke von den Ladungsfunken nicht unterscheiden. Dafs jedoch hier nicht etwa eine unmittelbare Vereinigung der Elektricitäten beider Poldrähte durch die Glasschicht hiedurch stattfindet, wie Manche anzunehmen scheinen, läßt sich in dem schon längst bekannten Entladungsphänomen erkennen, welches man erhält, wobei man zwei Drähte, deren Enden die Belegungen berühren, einander sehr nahe bringt, worauf die glänzenden Entladungsfunken, welche sehr leicht von den weniger leuchtenden Ladungsfunken zu unterscheiden sind, in grosser Menge überspringen. Der Grund, weshalb man den Entladungsfunken an den Poldrähten selbst nicht zu unterscheiden vermag, ist, dafs im letzteren Falle die Entladung durch den langen und dünnen Draht der Inductionsrolle, d. h. durch einen Schliessungsdraht von grossem Widerstande, in jenem Falle hingegen durch den kurzen Verbindungsdraht beider Belegungen erfolgt; es ist aber bekannt, dafs, obwohl in beiden Fällen die Schlagweite dieselbe bleibt, eine Leydener Flasche mag durch einen kurzen oder durch einen langen Schliessungsdraht entladen werden, das Licht- und Schall-Phänomen durch den dünnen Schliessungsdraht ausserordentlich geschwächt und selbst ganz unwahrnehmbar gemacht werden kann; dies ist offenbar der Fall, wenn sowohl Ladung als Entladung durch den Inductionsdraht allein erfolgen; deshalb die Täuschung als ob eine unmittelbare Vereinigung beider Elektricitäten durch den ununterbrochenen Funkenstrom stattfände, gleich wie wenn die trennende Schicht des Isolators gar nicht vorhanden wäre.

Da die an den Poldrähten auftretende Spannung der Elektricität immer gering ist im Vergleiche zu derjenigen, die von dem Conductor einer gewöhnlichen Elektrisirmaschine geliefert wird, so war es mir sogleich klar, dafs man eine ähnliche Stärke der Ladung (d. h. Dichtigkeit der Elektricität auf den Belegungen) wie bei der gemeinen Elektricität von dem Inductionsstrome nur dann erwar-

ten könnte, wenn zugleich der *Verstärkungscoefficient* der Flasche, d. h. nach Hrn. Riefs das Verhältniß der Dichtigkeiten der Elektricität, an dem Ende des Zuleitungsdrahtes und in der Belegung selbst vergrößert wird; das einzige Mittel hiezu ist die Verringerung der Dicke der isolirenden Schicht. Ich liefs daher eine Anzahl Franklin'scher Ladungstafeln aus sehr dünnem Glase ($\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ Linie Dicke) anfertigen, jede Belegung etwa $\frac{1}{2}$ Quadratfuß groß, der unbelegte Rand mittelst Bernsteinfirniß sorgfältig isolirt, verband 16 solcher Tafeln mit einander zu einer einzigen Leydener Batterie und erhielt nun mittelst des obigen Inductionsstromes eine sehr starke Ladung; wurden die Pole des Inductionsdrahtes von der Batterie gelöst, so blieb die letztere bleibend geladen und noch nach Stunden erhielt man einen kräftigen Schlag durch die Arme; die Schlagweite der Ladung betrug kurz nach der Trennung von den Poldrähten 1 bis $1\frac{1}{2}$ Linien und die Entladung durch einen kurzen und dicken Draht gab einen sehr glänzenden Funken und lauten Knall. Näherte man den einen Poldraht der einen Belegung auf ungefähr 1 Linie Entfernung, während der zweite Poldraht mit der anderen Belegung metallisch verbunden war, so sprangen zahlreiche Funken auf die Erste über, welche die Batterie luden; nach kaum Einer Sekunde hörten diese Funken auf oder wurden doch sehr schwach und nun war die Batterie geladen und man mußte die Poldrähte oder wenigstens einen derselben sofort entfernen, um die Ladung bleibend zu erhalten; thut man dieß nicht, so erfolgt die Entladung durch den Inductionsdraht von selbst und zwar hier, wegen der Gröfse der Batterie und der Menge der gebundenen Elektricität in einer sichtbaren und hörbaren Weise: es schlägt eine breite gelbe schwach leuchtende Flamme mit dumpfem Geräusche über, ähnlich der Explosion bei Entzündung einer feinen Wasserstoffgasflamme; sowie aber die Selbstentladung erfolgt ist, beginnt sofort der Funkenstrom der Ladung wieder, bis er wiederum immer schwächer werdend und endlich ganz aufhörend eine neue Entladung herbeiführt,

welche letztere zu verhindern es kein anderes Mittel als die schleunige Entfernung der Poldrähte von dem Zuleitungsdrahte der Belegung giebt.

Der Zeitraum zwischen je zwei auf einander folgenden Selbstentladungen der Batterie ist, wie man sogleich gewahr wird, durchaus abhängig von der Entfernung des Poldrahtes von dem Zuleitungsdrahte der Belegung; da nach den bisher bekannten Gesetzen der Reibungselektricität die Schlagweite allein von der Dichtigkeit der Elektricität am Ende des Drahtes oder Knopfes der Belegung, nicht aber von der Natur des Schließungsdrahtes, abhängt, so ist klar, daß die Selbstentladung der Batterie durch den Inductionsdraht immer erfolgen muß, sobald die Dichte der Elektricität am Ende des Zuleitungsdrahtes derjenigen Schlagweite entspricht, welche der Entfernung des Poldrahtes von dem Zuleitungsdrahte gleichkommt; ist diese Entfernung geringer, so folgen die Entladungen häufiger auf einander, als wenn man diese Entfernung vergrößert, ja bei einem bedeutenden Abstände der Drähte von einander kommt es vor, daß keine Selbstentladung stattfindet, d. h. daß die Dichte der Elektricität am Ende des Zuleitungsdrahtes nie diejenige Gröfse erreicht, welche der dieser Entfernung gleichkommenden Schlagweite entspricht; es muß daher irgendwo eine Ausgleichung der angesammelten Elektricitäten auf anderem Wege als durch den Inductionsdraht stattfinden, und ich habe mich überzeugt, daß dieser Elektricitätsverlust überall vorkommt, wo bei einer großen Batteriefäche nicht für sehr gute Isolation des unbelegten Randes der Glastafeln gesorgt ist.

Um die Menge der angesammelten Elektricität so groß wie möglich zu machen, versuchte ich die Glasplatten durch dünnere isolirende Substanzen zu ersetzen und dadurch den Verstärkungscoefficienten der Elektricitäten zu vergrößern; zunächst nahm ich Wachstaffet von der feinsten Sorte, sowohl gefärbten, wie durchsichtigen gelben, wie man ihn gewöhnlich zur Verfertigung des Fizeau'schen Condensators anwendet. Zwei Stanniolplatten von je 6 Quadralfuß

Fläche wurden durch zwei gleich große Stücke solchen Wachstaffets isolirt und das Ganze auf einen dünnen Holzcylinder gerollt. Diese Batterie wurde allerdings ebenso stark geladen wie die oben erwähnte Glasbatterie, aber die Ladung war nie bleibend, schon nach wenigen Sekunden, nachdem die Poldrähte von den Belegungen getrennt waren, war kaum mehr eine Ladung bemerkbar. Auch zeigte sich hier während der Ladung das oben erwähnte Schwächerwerden der von dem Poldrahte auf die Belegung überspringenden Funken oder das gänzliche Aufhören derselben nur in geringem Grade, obwohl bei hinreichend geringem Abstände des Poldrahtes von der Belegung eine regelmäßige Selbstentladung der Batterie stattfand. Es fand hier offenbar ein großer Elektricitätsverlust über den unbelegten Rand der isolirenden Schicht hinweg statt, wenn man nicht selbst eine schwache Vereinigung der Elektricitäten durch die isolirende Schicht hiedurch annehmen will; hauptsächlich schien mir der Elektricitätsverlust durch eine dünne Schicht atmosphärischer Feuchtigkeit, die hartnäckig an der Oberfläche des unbelegten Randes haftet, bedingt zu seyn. Als Ladungsbatterien sind daher solche Wachstaffetapparate nicht zu gebrauchen, während sie als Condensatoren von ausgezeichnete Wirkung sind.

Bei Weitem dem Wachstaffet als isolirende Schicht zwischen den Belegungen vorzuziehen ist die Guttapercha, welche man jetzt in großen und sehr dünnen Stücken, nicht dicker als feines Papier erhalten kann. Ich habe mehrere solcher Guttapercha-Batterien, jede Belegung zu 6 Quadratfuß verfertigt und gefunden, daß dieselben eine erhaltene Ladung außerordentlich lange Zeit hindurch binden, daß ferner die Guttapercha-Batterie in Bezug auf den Verstärkungscoefficienten, wie schon wegen der größeren Dünne der isolirenden Schicht zu erwarten ist, das Glas bei Weitem übertrifft. Allein es findet hierbei ein großer Uebelstand statt, der bei der Glasbatterie nie, bei der Wachstaffetbatterie nur selten eintrat, das Durchschlagen der Elektricität durch die dünne Guttapercha-Schicht, wo-

durch diese für starke Ladungen unbrauchbar gemacht wird. Wenn es gelänge einen Stoff aufzufinden, welcher dieselbe Undurchdringlichkeit für Elektricität darböte wie Glas, sich aber zu einer papierdünnen Schicht ausarbeiten liesse, so müßte man dann mit einer aus diesem Stoffe construirten Batterie mittelst schwacher galvanischer Ströme außerordentliche Wirkungen der statischen Elektricität hervorrufen können.

Verschiedene Sorten Guttapercha-Papier zeigen einen großen Unterschied sowohl in der Fähigkeit große Mengen Elektricität auf den angränzenden Belegungen anzusammeln, als auch in der Festigkeit, mit welcher die gesammelte Elektricität dauernd gebunden bleibt; namentlich hat sich mir in beiden Beziehungen die hell rosa gefärbte Sorte bewährt, welche eine erhaltene Ladung viele Stunden hindurch bewahren konnte. Aber freilich durfte eine solche Batterie wegen des Durchschlagens der Elektricitäten nur mittelst eines schwachen galvanischen Stromes erregt werden, und fand ich hiezu den Strom eines Daniell'schen Elementes vollkommen hinreichend. Eine solche Guttapercha-Batterie konnte ich sogar durch den Strom einer magneto-elektrischen Maschine bleibend laden, wobei die Ladung ganz in derselben Weise wie durch die Inductionsrolle erfolgt; nur muß man, wegen der geringen Spannung des magneto-elektrischen Stromes, damit der Versuch gelinge, zwischen dem Poldrahte, von welchem die Funken auf die Belegung überspringen sollen, und dieser Belegung selbst ein sehr dünnes Stück Seidenzeug legen, damit keine metallische Berührung beider eintrete und die gegenseitige Entfernung dennoch gering genug bleibt um ein Uebergehen der Ladungsfunken zu veranlassen.

Die wesentliche Bedingung zur Ladung irgend einer Leydener Batterie durch den Inductionsstrom, daß nämlich einer der Poldrähte *nicht* in unmittelbarer Berührung mit der entsprechenden Belegung stehe, ist allein deshalb nothwendig um die sofortige Entladung der Flasche durch die Inductionsrolle selbst zu verhüten, nicht aber etwa, wie

man glauben konnte, wegen der ursprünglich in der Inductionsrolle hin- und hergehenden abwechselnden Richtung des Inductionsstromes. Allerdings wird bei jeder Schließung des inducirenden galvanischen Stromes dieselbe Quantität Elektricität in der Inductionsrolle bewegt als bei der Unterbrechung des Hauptstromes, und zwar in der entgegengesetzten Richtung; allein der Schließungsstrom kann seiner ganzen Entstehungsweise nach nie auch nur im Entferntesten denjenigen Grad der Spannung erreichen, welcher nöthig wäre, damit er einen Einfluß auf die Ladung der Batterie durch den Unterbrechungsstrom oder Extracurrent ausüben könne; der Schließungsstrom bewegt sich, obwohl mit derselben Elektricitätsmenge wie der Oeffnungsstrom, doch im Vergleiche zu letzterem mit einer so geringen Geschwindigkeit, daß ich selbst eine physiologische Wirkung des ersteren für sich allein nicht für wahrnehmbar halte, diese vielmehr immer auf Rechnung des Oeffnungsstromes geschrieben werden muß.

Um den Effect, welchen die Vergrößerung der Fläche einer Guttapercha-Batterie auf die Größe der erhaltenen Ladung bei constantem Inductionsstrom und bei einer bestimmten gleichbleibenden Entfernung des Poldrahtes vom Ende des Zuleitungsdrahtes hat, besser beobachten zu können, verband ich jede der Belegungen mit einem kurzen dicken Drahte, deren freie Enden beliebig einander genähert werden konnten; war die Entfernung dieser beiden Drahtenden von einander geringer als diejenige zwischen dem Poldrahte und der Belegung, so konnte die Entladung der Batterie immer nur durch jene, nie durch den Inductionsdraht erfolgen; wenn die Strom unterbrechende Vorrichtung der Inductionsmaschine gleichmäßig arbeitete, so erfolgte in der That in regelmäßigen Zeiträumen, wie etwa jede Sekunde, die Entladung der Batterie zwischen den dicken Drähten. Diese Vorrichtung läßt sich also mit einer Lanc'schen Flasche vergleichen, indem bei constanter Schlagweite und constantem Inductionsstrom die Anzahl der Selbstentladungen in einem Zeitraume die Menge der

während dieser Zeit auf die Belegungen übergegangenen Elektricität angeht. Als ich nun eine zweite Batterie derselben Art und Gröſse mit der ersten verband, d. h. den Flächeninhalt der Belegungen verdoppelte, so erfolgten die Selbstentladungen in nahezu doppelt so groſsen Zwischenräumen, als mit der ersten Batterie allein. Da die Entladung der Batterie in beiden Fällen nur bei derselben Dichtigkeit der Elektricität an den Enden der Zuleitungsdrähte stattfinden kann, da ferner die Dichtigkeit in den Belegungen in jedem Augenblicke der Dichtigkeit an den Enden der Zuleitungsdrähte proportional ist, so muſs auch bei der doppelten Gröſse der Batterie zwischen je zwei Entladungen die doppelte Elektricitätsmenge als bei der einfachen auf die Belegungen übergegangen seyn. Legte ich nun noch eine dritte Batterie an, so schien der Zwischenraum zwischen zwei successiven Entladungen sich in noch gröſserem Maafse zu vergrößern, als dieſs die Flächenvergrößerung der Belegungen verlangte, und bei einer vierfachen Batterie erhielt ich, wenn die ursprüngliche Schlagweite etwas groſs gewählt war, oft gar keine Entladung mehr, weder durch die kurzen Drähte noch durch den langen Inductionsdraht, obwohl letzterer fortwährend Funken auf die Belegung aussendete. Es kann dieſs Ausbleiben der Entladung offenbar nur einem Verlust an Elektricität über den unbelegten Rand der isolirenden Schicht hinweg zugeschrieben werden, worüber man sich bei der Gröſse der Batterie nicht wundern darf. Das Maximum der Dichte der Elektricität, welche man an den Belegungen einer Guttapercha-Batterie mittelst der Inductionsmaschine anhäufen kann, nimmt also ab, wenn die Flächengröſse der Batterie zunimmt; es muſs also eine bestimmte Gröſse der Belegungen geben, bei welcher *caeteris paribus* die Menge der überhaupt angeführten Elektricität, d. h. das Product der Fläche in das Maximum der Dichte, ein Größtes ist.

Bei der Ladung der Leydener Flasche durch die gewöhnliche Elektrisirmaschine nimmt man an, daſs bei jeder Gröſse der Flasche das Maximum der Dichte, zu welcher

die
also
aufz
wel
und
Ele
obw
geh
Bat
aus
eine
dun
gro
ich
gro
den
me
Sch
un
dün
sta
zu
Ve

Gl
ge
Ich
de
me
Ma
ein
de
tri
de
el
sch
fla

die Flasche geladen werden kann, dieselbe bleibe, dafs also die Menge der Elektrizität, welche eine solche Flasche aufzunehmen vermag, proportional der Belegungsfläche sey; welches auch in sofern richtig seyn mag, als bei der Form und geringen Gröfse solcher Flaschen im Allgemeinen der Elektrizitätsverlust während der Ladung unbedeutend ist, obwohl hier eine bei weitem gröfsere Zeit zur Ladung vergeht, als bei der Inductionsmaschine. Meinen Guttapercha-Batterien, ebenso wie der oben beschriebenen Glasbatterie aus 16 Franklin'schen Tafeln bestehend, konnte ich mittelst einer guten Elektrisirmaschine nur eine sehr schwache Ladung geben, offenbar wegen unzureichender Isolation in der grofsen Ausdehnung des unbelegten Randes; auch glaube ich schliessen zu müssen, dafs bei sehr geringer Dicke und grofser Flächenausdehnung der isolirenden Schicht ein Theil der auf beiden Seiten derselben angesammelten Elektrizitätsmenge immer durch Mittheilung oder Leitung durch diese Schicht hindurch zur Ausgleichung kommt und so für die unmittelbare Entladung verloren gehe. Selbst durch sehr dünnes Glas hindurch scheint eine solche Ausgleichung bei starker Spannung der angesammelten Elektrizitäten stattzufinden, wovon ich mich bei den jetzt zu beschreibenden Versuchen überzeugte.

Es werden auf den Glashütten sehr dünne Kugeln von Glas geblasen, welche dann auf der inneren Fläche mit Spiegelamalgame belegt werden und so in den Handel kommen. Ich überzog nun die äufsere Fläche einer solchen Kugel, deren Durchmesser drei Zoll, deren Glasdicke kaum $\frac{1}{10}$ Millimeter betrug, mit Blattgold und befestigte an der inneren Metallbelegung einen Zuleitungsdraht; die Kugel stellte so eine kleine Leydener Flasche dar, welche wegen der Dünne der isolirenden Schicht eine unglaubliche Menge von Elektrizität bleibend zu binden vermochte; sowohl die Bindung der Reibungselektrizität als die der galvanischen Inductionselektrizität läfst sich durch keine andere Vorrichtung anschaulicher als durch eine solche leicht herzustellende Kugelflasche zeigen. Die Verdichtung der Elektrizität auf der

inneren Belegung durch die gewöhnliche Elektrisirmaschine war so stark, daß eine Sättigung derselben nicht stattfand, so lange auch die Maschine gedreht werden mochte, während bei einer gewöhnlichen Leydener Flasche von $\frac{1}{8}$ Zoll Glasdicke schon nach 20 bis 30 Umdrehungen meiner Maschine keine Elektrizität mehr aufgenommen wurde. Eine einzige solcher Kugelflaschen zeigt auch die Ladung durch den Inductionsstrom sehr schön, und hat den Vorzug vor der Guttapercha-Batterie, die Ladung längere Zeit hindurch bleibend zu erhalten; dieselbe nimmt ebenfalls durch den magneto-elektrischen Strom der Saxton'schen Maschine eine bleibende Ladung an, die aber wegen der geringeren Spannung dieses Stromes natürlich weit schwächer ist, als die Ladung durch den Strom der elektromagnetischen Inductionsmaschine.

Ich construirte eine Batterie von 8 solchen Kugelflaschen und konnte in dieser Batterie eine große Menge der Inductionselektrizität condensiren. Der Schlag einer auf diese Weise bis zum Maximum geladenen Kugelbatterie hat, wenn man dieselbe mit den Händen entladet, eine äußerst heftige Wirkung; allein ich vermöchte nie die große Schlagweite als mit der oben beschriebenen Glasplattenbatterie hervorzubringen. Bringt man den die Batterie ladenden Pol des Inductionsdrahtes in eine gewisse möglichst große Entfernung vom Zuleitungsdrahte, so gehen anfangs äußerst zahlreiche hell leuchtende Funken über, die mit der zunehmenden Ladung seltener und schwächer werden, ohne je ganz aufzuhören; es findet aber in dieser Entfernung keine Selbstentladung der Flasche durch den Inductionsdraht statt, wie vorhin bei der Batterie aus dickeren Glasplatten. Hieraus glaube ich schließen zu müssen, daß bei großer Spannung der Ladung wegen der Dünne der isolirenden Glasschicht eine theilweise Ausgleichung der Elektrizitäten durch Mittheilung stattfindet. Nähert man den ladenden Pol des Inductionsdrahtes der Belegung, so tritt auch alsbald die Selbstentladung durch diesen Draht ein, welche bei einer

solchen Kugelbatterie auffallend heftig ist, wegen der grossen Menge der angesammelten Elektricität.

Für die Entladung mit möglichst grosser Schlagweite scheint hingegen die oben beschriebene Batterie aus dünnen Glasplatten die vortheilhafteste zu seyn, indem bei ihr das Maximum der Schlagweite, wie es auch der Theorie nach seyn muß, mit der grössten Funkendistanz zwischen den Polen des Inductionsdrahtes selbst oder vielmehr zwischen dem ladenden Poldrahte und dem Zuleitungsdrahte der Belegung nahezu übereinstimmt.

Die Lichtstärke des Entladungsfunkens ist nach den Untersuchungen von Masson dem Quadrate der Schlagweite und der Quantität der gebundenen Elektricität einfach proportional; aus zahlreichen Versuchen glaube ich schliessen zu müssen, dafs ganz dasselbe Gesetz auch auf die Stärke des Schalles, welcher die Entladung begleitet, sowie auf die physiologische Wirkung derselben anwendbar ist; die stärksten Licht- und Schall-Effecte erhielt ich bei gleichbleibendem Inductionsstrom an der Glasplattenbatterie, an welcher auch die Schlagweite im Maximum der Ladung immer die grösste war. Besonders schön zeigt sich der Licht- und Schall-Effect, wenn man die Entladung der Batterie zwischen einem Draht und einer Metallfläche, auf welche eine dünne Schicht Alkohol gegossen ist, vor sich gehen läßt; man sieht dann kurz vor jeder Entladung den Alkohol unter dem Drahte sich hügel förmig emporheben und darauf mit heftigem Knallen die Entladung durch die Flüssigkeitsschicht hindurch oder über dieselbe hinweg erfolgen. Ein ähnlicher auffallender Versuch läßt sich darstellen, wenn die Glasplatten, aus denen die Batterie zusammengesetzt ist, in möglichst gleicher Entfernung (etwa $\frac{1}{2}$ Zoll) voneinander parallel übereinander geschichtet sind; dann schlägt der Entladungsfunke bei einem bestimmten Abstände des ladenden Inductionsdrahtes von der Belegung etwa alle Sekunden zwischen den einzelnen Glasplatten und zwar an meistens verschiedenen Stellen über, in ähnlicher Weise wie bei einem Gewitter zwischen den übereinander

gelagerten Wolkenschichten, die mit entgegengesetzten Elek-
tricitäten geladen sind, die Entladung erfolgt, sobald die
Elektricität in denselben eine gewisse Dichte erreicht hat;
wenigstens wird man an die Analogie beider Phänomene
sogleich erinnert, wenn man zum ersten Male die regel-
mäßige Selbstentladung in der Glasplattenbatterie wahr-
nimmt.

Bei Anwendung der Kugelflaschen aus dünnem Glase
tritt es zuweilen ein, daß wenn man eine solche Flasche
zum ersten Male mittelst des Inductionsstromes ladet, das
Glas sogleich durchlöchert wird, was davon herrührt, daß
an einer Stelle die Glashaut durch fehlerhaftes Blasen aufser-
ordentlich dünn gewesen ist. Eine solche Flasche ist alsdann
natürlich nicht mehr zu gebrauchen; man thut daher wohl,
eine jede neue derartige Flasche, ehe man dieselbe zu Ver-
suchen mit galvanischer Elektricität anwendet, erst mittelst
Reibungselektricität zu prüfen; denn wenn sie eine starke
Ladung einer guten Elektrisirmaschine aushält ohne zu
zerspringen und diese Ladung längere Zeit hindurch be-
hält, so ist sie auch gut geeignet zu allen mittelst des
Inductionsstromes anzustellenden Versuchen.

Mit sämmtlichen im Vorgehenden beschriebenen Batte-
rien habe ich auch Versuche angestellt, um dieselben mit-
telst des Inductionsstromes als Franklin'sche Batterie oder
par cascade zu laden, was auch mit Flaschen jeder Art voll-
kommen gelang. Wie vorauszusehen war, wird die Schlag-
weite, ganz wie es aus den von Hrn. Riefs für die Ladung
par cascade entwickelten Gesetzen hervorgeht, in allen Fäl-
len bedeutend vergrößert; allein dies führt zugleich den
Uebelstand mit sich, daß alsdann die Selbstentladung durch
den Inductionsdraht so sehr erleichtert wird. Verband ich
die 16 Tafeln meiner Glasbatterie auf die genannte Weise
miteinander, so wurde durch die geringste Ladung zugleich
eine Entladung herbeigeführt, gerade so wie es bei einer
Leydener Flasche aus dickem Glase der Fall ist. Diese
Verbindungsweise fand ich einzig passend bei der Gutta-
percha-Batterie, an deren einzelnen Flaschen die Schlag-

weite an und für sich immer sehr klein ist; durch eine Verbindung derselben zu einer Franklin'schen Batterie vergrößert man diese Schlagweite bedeutend und vermag zugleich zu verhindern, daß die einzelnen Guttapercha-Blätter von der Elektrizität durchschlagen werden.

Alle von mir gebrauchten Batterien habe ich auch in der Weise zu laden versucht, daß die eine Belegung, so wie der eine Pol des Inductionstromes, zur Erde abgeleitet wurde und der andere Pol der anderen Belegung so weit genähert wurde, daß Funken auf die letztere übergingen. Es wurde in allen Fällen auf diese Weise die Batterie geladen, aber bedeutend schwächer als durch die frühere directe Ladung, was sich aus dem großen Widerstande der betreffenden Theile des Erdbodens, durch welchen der Inductionstrom zu gehen genöthigt war, erklären läßt. Selbst bei der gemeinen Elektrizität, obwohl diese im Allgemeinen eine weit höhere Spannung als der Inductionstrom besitzt, läßt sich ein Unterschied in der Ladung einer Leydener Flasche bemerken, je nachdem die äußere Belegung der letzteren unmittelbar mit dem Reibzeug verbunden, oder diese Verbindung nur durch den Fußboden des Zimmers oder das Holz des Tisches bewerkstelligt ist. Um so weniger kann dieser Unterschied bei dem Strome der Inductionsmaschine auffallen, obwohl die Schlagweite der Inductionsfunken auch bei der schlechtesten Ableitung des anderen Poles nicht vermindert erscheint, wohl aber die Helligkeit der Funken.

Um die Selbstentladung der Batterie zu verhindern, versuchte ich die Ladung durch zwei Inductionsmaschinen zu bewerkstelligen, in welchen die Schließung und Unterbrechung des Hauptstromes *isochron*, d. h. durch denselben Stromunterbrecher verrichtet wurde; verband ich nun die eine Belegung der Batterie mit dem positiven Pole der einen Maschine, die andere Belegung in der Schlagweite mit dem negativen Pole der anderen Maschine, und ließ die beiden übrigen Poldrähte isolirt voneinander, so erhielt ich keine oder eine nur sehr unbedeutende Ladung, wie

zu erwarten war, da die entgegengesetzte Elektricität der mit der Leydener Batterie verbundenen Pole nicht abgeleitet wurde. Verknüpfte ich die beiden frei gebliebenen Drahtenden miteinander, so stellte sich sofort eine starke Ladung ein, gerade so als ob nur Eine aber doppelt so starke Maschine arbeitete. Verknüpfte ich hingegen die frei gebliebenen Drahtenden mit den Belegungen einer zweiten Leydener Batterie, so wurden beide geladen und zwar jede nur halb so stark als im zuletzt erwähnten Falle; dagegen trat auch hier bei dem Maximum der Ladung Selbstentladung durch den Inductionsdraht ein und zwar gleichzeitig von beiden Batterien.

In Bezug auf die von mir angewandte Inductionsmaschine will ich nur bemerken, dafs ich für die stromunterbrechenden Theile, sowohl die oscillirende Zunge als den Stift, die Anfertigung dieser Theile aus Palladium sehr vortheilhaft und diefs Metall selbst wirksamer als Platin gefunden habe. Die Isolationen der Windungen des dünnen Inductionsdrahtes von einander ist leicht und vollkommen zu bewerkstelligen, wenn man die Vorsicht gebraucht den Draht der Länge nach in einzelnen gut getrennten Rollen aufzuwinden, wie es schon von Hrn. Pogendorff angegeben ist, damit der Spannungsunterschied in dem gerade übereinander liegenden Windungen nicht zu grofs werde; doch tritt gerade bei dieser Construction der Nachtheil ein, dafs eine vollkommene Isolation der inducirenden Drahtrolle von der inducirten nie zu erreichen ist, so viel Mühe ich mir auch in dieser Beziehung gegeben habe. Der Draht war auf Cylinder von dünnem, trockenem Holze gewunden, aber schon bei Anwendung von zweien Grove'schen Elementen wurde die Spannung des inducirten Stromes so stark, dafs an einzelnen Stellen die Funken die Holzwand durchbrachen und eine Verkohlung des Holzes erfolgte, wenn nicht der Hauptstrom schnell unterbrochen wurde; ich will daher, um die Maschine nicht für starke Ströme unbrauchbar werden zu lassen, noch

einen Versuch machen, den etwa 16000 Fufs langen Draht auf Glascylinder zu winden ¹⁾).

Man begeht gewöhnlich in der Construction der Inductionsmaschine den Fehler, den inducirten Draht zu nahe auf den inducirenden zu winden, indem man von der im Ganzen richtigen Ansicht ausgeht, dafs die Maschine um so kräftiger wirke, je näher beide Drähte aneinander liegen; allein die *mittlere* Entfernung der Windungen beider Rollen von einander wird nicht wesentlich vergrößert, wenn man zwischen beiden einen gewissen Zwischenraum frei läßt, der mit einer gut isolirenden Substanz ausgefüllt wird, und der Vortheile, den man durch eine vollkommene Isolation auf diese Weise bei Anwendung starker galvanischer Ströme erhält, wiegt den geringen durch den gröfseren Abstand der Drahtrollen herbeigeführten Verlust bei weitem auf.

Einer der glänzendsten Versuche ist die Darstellung des elektrischen Lichtes durch den Inductionsstrom, welcher schon mit einer guten Maschine bei Anwendung Eines Grove'schen Elementes gelingt. Man darf aber hiezu nur *Holzkohle* anwenden, welche mit feinem Metalldrahte umwunden ist; macht man einen solchen Kohlencylinder zum negativen Pol und nähert irgend einem Punkte der Kohle den positiven Pol des Inductionsstromes in der Form eines feinen Platindrahtes, so erhält man diese Erscheinung sehr schön; bildet die Kohle den positiven Pol, so zeigt sich das Phänomen nur unbedeutend, da bekanntlich auch die Wärmewirkung an diesem Pole, in Gegensatz zu dem Vorgange im gewöhnlichen galvanischen Strome, sehr schwach ist.

In keinem Versuche auf dem Gebiete der Elektrizitätslehre treten die Phänomene des galvanischen Stromes und die der Reibungselektricität einander so nahe und gehen gewissermaßen beide Gebiete in einander über, als in dem Versuche der Ladung der Leydener Batterie durch elektromagnetische Induction.

Die Inductionsphänomene waren schon immer diejeni-

1) Meine Inductionsdrähte sind sämmtlich auf Glas gewickelt. (P.)

gen, an welchen man zuerst und am deutlichsten erkannte, daß die durch Reibung und die durch Metallcontact entstandene Elektrizität ihrem Wesen nach eine und dieselbe seyen, daß sie nur einige von ihrem verschiedenartigen Ursprunge herrührende quantitative Unterschiede darböten, die wir mit Spannung, Intensität und Aehnlichem bezeichnen, ohne jedoch damit eine nähere Kenntniß des Wesens dieser Unterschiede erlangt zu haben. Seitdem es gelungen ist, mittelst der Reibungselektrizität die Magnetaedel abzulenken und Wasser zu zersetzen, und andererseits durch den Inductionsstrom eine Ansammlung statischer Elektrizität auf den Belegungen der Leydener Flasche in beliebiger Menge zu bewirken, — seitdem man gesehen, wie in beiden Gebieten alle Wirkungen der Elektrizität mit einander parallel gehen und die von der Entstehungsursache derselben herrührenden quantitativen Unterschiede von Spannung, Intensität, Quantität, sich beliebig in einander verwandeln lassen, dürfte es nahe liegen, zu fragen, ob nicht auch ihrer Entstehungsweise nach beide Elektrizitäten als identisch aufgefaßt werden können, d. h. ob nicht die Reibungselektrizität ebenfalls dem Contacte heterogener Körper ihren Ursprung verdanke, ebenso wie der galvanische Strom. Durch den Volta'schen Fundamentalversuch ist es bewiesen, daß durch die bloße Berührung heterogener Körper Elektrizität erregt wird; die Reibung, welche in der Elektrisirmaschine als Ursache der entstandenen Elektrizität angesehen wird, ist aber offenbar nichts Anderes als ein häufig wiederholter Contact zwischen den gleichen Theilen eines Leiters (des Reibzeuges) und immer neuen, vorher unelektrischen Theilen eines heterogenen Körpers, der Glasscheibe oder eines anderen Isolators, und nur wenn die Reibung heterogener Körper in diesem Sinne, nämlich als ein möglichst vollkommener Contact derselben, aber nicht wie bei dem galvanischen Contacte derselben Theile der betreffenden Körper, sondern als Berührung stets neuer Theile eines Isolators mit denselben oder neuen Theilen eines Leiters, aufgefaßt wird, ist es

möglich, die Entstehungsursache der galvanischen und der Reibungselektricität unter Einem Gesichtspunkt aufzufassen, und an eine Erklärung der an ihnen auftretenden Unterschiede in Bezug auf Spannung, Intensität, Quantität aus der Natur der in Contact gebrachten Körper selbst zu denken.

Berühren sich zwei heterogene metallische Körper in gewissen Punkten, so erzeugt sich zunächst nur an diesen Punkten ein eigenthümlicher Zustand der betreffenden materiellen Theile, welchen wir Elektricität nennen. Die Metalle als Leiter haben nun die Eigenschaft, diesen eigenthümlichen Zustand in äußerst geringen Zeiträumen allen Theilen der Masse oder wenigstens der äußeren Oberfläche derselben, mitzutheilen; es wird also an den sich berührenden Theilen so lange Elektricität erzeugt werden, bis alle Theile der Massen in denselben Zustand wie jene versetzt sind, d. h. bis die Dichtigkeit der Elektricität in allen Punkten dieselbe geworden; alsdann hört die Elektricitäts-erregung auf, wenn nicht, wie es bei der galvanischen Kette der Fall ist, durch Verbindung der beiden heterogenen Massen miteinander mittelst eines außerhalb der Spannungsreihe stehenden Elektrolyten, die Elektricitäten von gewissen Punkten und damit von der ganzen Masse stetig entfernt werden und damit zugleich eine continuirlich fortdauernde Erregung neuer Elektricität an den im Contact befindlichen Stellen veranlaßt wird. Diefs ist durch den Volta'schen Fundamentalversuch und mehr noch, was die Gleichheit der elektrischen Dichtigkeit an allen Punkten betrifft, durch die Versuche Faraday's und Wheatstone's der Ladung isolirter unter Wasser getauchter Telegraphendrähte von großer Länge, bewiesen.

Ist nun aber Einer der in Berührung stehenden heterogenen Körper ein Isolator, d. h. vermag er nicht oder nur sehr langsam den an den sich berührenden Theilen entstandenen elektrischen Zustand auf benachbarte Theile zu übertragen, so können die letzteren nur dann elektrisch werden, wenn sie *successive* mit dem anderen Körper in

Berührung gebracht, d. h. mit ihm *gerieben* werden und nur die so geriebenen Theile des Isolators werden elektrisch. Es ist aber immer erforderlich, daß Einer der geriebenen Körper (hier das Reibzeug) ein Leiter der Elektrizität sey, denn gesetzt es sey dieß ebenfalls ein Isolator, so würden zwar die zuerst in Contact tretenden Theile der Glasscheibe und des Reibzeuges beide elektrisch werden; wenn aber nun mit dem isolirt bleibenden Reibzeuge neue unelektrische Theile der Glasscheibe in Berührung kommen, so würden diese durch *Mittheilung* die Elektrizität des Reibzeuges, durch die Wirkung des *Contactes* aber in gleichem Grade die entgegengesetzte Elektrizität annehmen, d. h. sie würden unelektrisch bleiben. Auch die besten Isolatoren theilen den elektrischen Zustand ihrer Oberfläche, wenn dieser lange andauert, in gewissem Grade den im Innern in kleinem Abstände von der Oberfläche gelegenen Theilen mit; ebenso langsam verliert sich daher auch bei guten Isolatoren die Elektrizität von diesen inneren Theilen, wenn sie schon von der Oberfläche entfernt worden ist; hieraus ergiebt sich die Eigenschaft aller Isolatoren, mehr oder weniger *Elektrophore* zu seyn.

Ogleich der Durchführung der eben angedeuteten theoretischen Ansichten im Einzelnen noch viele Schwierigkeiten im Wege stehen, unter welchen die Erklärung der großen elektrischen Spannung, welche geriebene Isolatoren an ihrer Oberfläche erlangen, und welche man durch den galvanischen Contact nie zu erzielen vermag, nicht die geringste ist, so werde ich doch versuchen diese Schwierigkeiten durch neue entscheidende Versuche aus dem Wege zu räumen. Der Gedanke, die Quelle der Reibungselektrizität auf den Contact heterogener Körper zurückzuführen, bot sich mir bei meinen zahlreichen Versuchen über die Ladung der verschiedenartigen oben beschriebenen Batterien sowohl mit galvanischer als mit Reibungselektrizität gewissermaßen von selbst dar und stellt zugleich eine solche Vereinfachung in dem Zusammenhange der Erscheinungen auf dem Gesamtgebiete der Elektrizitätslehre in

Aussicht, daß ich mich bemühen werde, weitere Versuche über diesen interessanten Gegenstand anzustellen und bald Ausführlicheres in dieser Beziehung zu berichten hoffe.

Dresden im December 1855.

IV. Ueber die Strahlen, die ein leuchtender Punkt im Auge erzeugt; von H. Meyer in Leipzig.

1. Die Vergrößerung, die das Bild eines leuchtenden Punktes durch die sphärische Abweichung im Auge erfährt, d. i. der Strahlenkranz (Pogg. Ann. 1853, Bd. LXXXIX, S. 540), ist nicht gleichförmig, sondern man kann in demselben deutlich mehrere helle, strahlenförmige Streifen unterscheiden. Ist der leuchtende Gegenstand klein oder sehr entfernt, so sieht man nur diese Strahlen und die mit denselben in Verbindung stehenden Verzweigungen, auf die wir weiter unten zurückkommen werden; der dazwischen befindliche Raum ist fast dunkel. Ist aber die Oeffnung größer und der Beobachter nicht zu sehr entfernt, so erscheinen die Zwischenräume nicht mehr dunkel, sondern mit Licht erfüllt, dessen Helligkeit jedoch immer noch bedeutend gegen die der jetzt breiter gewordenen Strahlen zurücksteht.

2. Daß die Ursache dieser Strahlen, welche man in gleicher Weise an den Sternen erster bis dritter Größe wahrnimmt, im Auge und nicht in der Lichtquelle zu suchen, bewies schon Hassenfratz (*Ann. de chimie* T. 72, p. 5, 1809) und Dr. Fliedner (Pogg. Ann. Bd. 85, S. 321):

1) Wäre die Lichtquelle die Ursache, so müßten Anzahl und Stellung der Strahlen bei den verschiedenen Beobachtern dieselbe seyn, was, wie später gezeigt werden wird, nicht der Fall ist.

- 2) Bei einer Drehung des Kopfes in verticaler Ebene zur Rechten oder Linken dreht sich der Strahlenkranz um denselben Winkel.
- 3) Betrachtet man das Licht durch eine kleine Oeffnung, so verschwinden die Strahlen, und die leuchtenden Körper erscheinen unter kleineren Dimensionen; in diesem Falle ist die Form nur durch die Beugung des Lichts an den Rändern der kleinen Oeffnung geändert.
- 4) Das Spiegelbild eines leuchtenden Punktes zeigt nicht die gegenbildliche, sondern die ebenbildliche Strahlenform.

3. Dafs die Ursache nicht in einem Einflusse der Augenlider, wie die der langen Strahlen (Pogg. Ann. Bd. 89, S. 429) oder in der Vertheilung der Flüssigkeitstheilchen, mit denen die Oberfläche des Auges bedeckt ist, gesucht werden darf, läfst sich leicht durch Bewegung des Auges nach rechts oder links nachweisen, wobei die Strahlen unverändert ihre Lage behalten, während sich die Lage der Pupille gegen die Augenlider ändert.

Hassenfratz giebt als Unterschied zwischen diesem Strahlenkranze und den langen Strahlen Folgendes an:

- 1) Die langen Strahlen werden nur bei zusammengezogenen Augenlidern erhalten, während der Strahlenkranz von der Stellung der Augenlider unabhängig ist.
- 2) Die langen Strahlen werden bei jeder Entfernung und Gröfse des leuchtenden Punktes bemerkt.
- 3) Die langen Strahlen haben blofs *eine* Hauptrichtung, die Strahlen im Strahlenkranze 4, 5, 6 bis 8 Richtungen, von denen eine parallel den Augenlidern ist.
- 4) Die *gegenseitige Lage der Strahlen* im Strahlenkranze wird nicht von allen Beobachtern gleich angegeben und ist auch für das rechte und linke Auge verschieden.

Hassenfratz giebt darüber an: »Die Anzahl der Strahlen verändert sich nach den Augen des Individuums; ziemlich allgemein bemerkt man zwei Strahlen *AB*, *AC*, Fig. 1 Taf. III, in der Richtung der Augen und einen dritten oberen *AD* normal darauf. Einige Beobachter unterscheiden

einen vierten *AE* in der Verlängerung von *AD*; andere sehen einen fünften *AF*, Fig. 2 Taf. III, und unter günstigen Umständen bemerken einige Beobachter 6 bis 8 Strahlen, Fig. 3 Taf. III.« Einen Strahl parallel den Augenlidern hält er für constant.

A. v. Humboldt (Kosmos, 3. Bd.) sah sehr regelmässig 8 Strahlen unter Winkeln von 45° bei Sternen erster bis dritter Grösse, von mindestens 5 bis 6 Minuten Länge. Einige seiner astronomischen Freunde sahen nach oben drei höchstens vier Strahlen und nach unten keine.

Joslin, Professor zu New-York, giebt an ¹⁾:

»Jedermann wird das strahlende Ansehen der Sterne und der Flamme einer entfernten Lampe oder Kerze beobachtet haben. Als ich diese Gegenstände untersuchte, bemerkte ich, dass drei dieser Strahlen weit ansehnlicher waren als die übrigen, dass sie gleichen Abstand hatten und dass einer von ihnen senkrecht von unten in die Höhe gerichtet war.«

Aus diesen Beobachtungen und einigen Versuchen leitet er folgendes Gesetz ab:

»Es giebt für jedes Individuum bestimmte Richtungen von Irradiations-Maximis; bei einer Person von gewöhnlichem Gesicht sind diese Richtungen, drei an der Zahl, von gleichem Winkelabstande und folglich von $120^\circ = \frac{1}{3}$ Kreisumfang. Bei gerader Stellung des Kopfes steigt die eine in der senkrechten Gesichtsebene, die durch den Mittelpunkt desselben Gegenstandes geht, geradezu in die Höhe und die beiden anderen steigen in Gesichtsebenen, die mit der ersten und unter sich respective Winkel von 120° machen, schief herab. Die Abnahme der Vergrößerung in den übrigen Richtungen ist beinahe symmetrisch und gleich in Bezug auf diese drei Richtungen, und die scheinbare Gestalt des Gegenstandes nähert sich mehr und mehr der eines gleichseitigen Dreiecks, je nach Helligkeit, Entfernung und Grösse des Gegenstandes.«

»Aus einer Entfernung von 5 bis 15 Fufs erschien der

1) Plateau in Pogg. Ann. 1842. Ergzbd.

runde Gegenstand als gleichseitiges Dreieck, dessen Umrisse sehr gut begränzt waren. Eine Zunahme der Gröfse macht eine gröfsere Entfernung nöthig; bei $\frac{1}{10}$ " Durchmesser 6 bis 8 Fufs am deutlichsten; bei $\frac{1}{3}$ " 12 bis 15 Fufs u. s. w. — Die Erscheinungen folgten den Veränderungen der Lage des Kopfes.«

Dr. Fliedner giebt für das rechte Auge die Gestalt, unter der ihm ein Stern oder überhaupt ein entfernter leuchtender Punkt erscheint, wie in Fig. 4 Taf. III, an; für das linke Fig. 5. »In beiden Figuren«, sagt er S. 322, »sind nur die hellsten, immer sichtbaren Strahlen gezeichnet. Ein gewöhnliches Licht mufs viele 100 Fufs von mir entfernt seyn, wenn ich nur diese und nicht auch noch andere minder intensive Strahlen sehen will. Die stärkste Lichtintensität gewahre ich an den mit *a* bezeichneten Stellen, ein rundes Bild des Lichtpunktes nur in meinem rechten Auge. Man sieht, eine solche Regelmässigkeit der Figur, wie sie A. v. Humboldt für seine (beiden?) Augen angiebt, stellt sich in den meinigen nicht dar, und ebenso wenig in denen vieler mir bekannten Personen. Die von Hassenfratz geäufserte Meinung, dafs ziemlich allgemein zwei Strahlen in der Richtung der Augenlider und ein darauf senkrechter gesehen werden etc., dürfte der Wahrheit wenigstens nahe kommen.«

Prof. Fechner giebt in Pogg. Ann. Bd. 50, S. 200 an: »Mein linkes Auge zeigt, wenn ich den leuchtenden fernen Gegenstand fixire, aufser der allgemeinen Strahlenausbreitung noch drei längere Strahlenbüschel, die sich so wie Fig. 5* ordnen. Der Strahlenbüschel *c* stellt sich unter Umständen als ein Doppelbild der Lichtflamme dar, auch sehe ich wohl noch mehrere Vervielfältigungen. In meinem rechten Auge ist aufser einem ganz schwachen verlängerten Strahl, der in der Figur durch eine punktirte Linie angedeutet ist, kein besonders vorstechender Strahl sichtbar. Betrachte ich das Licht mit beiden Augen zugleich, so erscheint dieser Strahl zugleich mit jenen Strahlenbüscheln des anderen Auges.«

Einige andere Beobachter erhielten beim Beobachten eines kleinen leuchtenden Punktes (eines Lochs mit einer Stopfnadel in eine Tafel Pappe gestochen und dahinter ein helles Licht gestellt) in etwa 12 bis 15 Fufs Entfernung folgende Resultate:

Beobachter.	Rechtes Auge. <i>R</i>	Linkes Auge. <i>L</i>	Bemerkungen.
E. R.		Fig. 6 ¹).	Die obere Strahlen sehr deutlich. — Beide Augen gleich, nur im linken schwächer; noch eine Menge kleiner Strahlen.
C. B.		Fig. 7.	Oben undeutlich; — bei beiden noch schwächere Strahlen.
A. M.		Fig. 8.	Bei beiden noch kleine Strahlen.
Ag. M.		Fig. 9.	α sind helle Ringe, zuweilen mehrere in einander; außerdem noch viele kleine Strahlen.
B. M.		Fig. 10.	
P. R.		Fig. 10*.	

Bemerkung. Es ist zu beachten, dass man erst bei einiger Uebung in diesen Versuchen alle einzelnen Strahlen zu unterscheiden vermag, in obigen Resultaten (mit Ausnahme von B. M.) also nur die am meisten vortretenden Strahlen angegeben sind. Das Bild des Strahlenkranzes im linken Auge ist durchgängig undeutlicher und mehr länglich, während das im rechten rund ist.

5. Da meine Augen kurzsichtig sind, so muss ich hier die mit und ohne Brille gemachten Beobachtungen unterscheiden:

Mit Brille sah ich unter den oben angeführten Bedingungen mit dem rechten Auge Fig. 11 *R*²), mit dem lin-

- 1) Die Zeichnungen sind so dargestellt, dass die Längenrichtung auf dem Papiere der verticalen Richtung in der Natur entspricht. — Die schwarzen Linien bezeichnen die hellen Strahlen.
- 2) Mein rechtes Auge sieht viel deutlicher als das linke, der Eindruck ist bestimmt, während der im linken weit weniger deutlich zum Bewusstseyn kommt. Sehe ich mit beiden Augen zugleich, so behält das rechte die Oberhand, von dem linken kommen nur die vorzüglichsten Strahlen zur Wahrnehmung. Dasselbe gilt für alle übrigen Beobachter.

ken Fig. 11 *L*; *l* ist ziemlich lang; *g* und *h* sind schwach. Da die mit dem linken Auge angestellten Beobachtungen bei mir weit weniger sicher sind, so habe ich bei den folgenden Beobachtungen fast nur das rechte Auge benutzt. So lange das Licht nicht sehr intensiv ist, sehe ich nur die in Fig. 11 angegebenen Strahlen und Verzweigungen; nur zwischen den oberen Strahlen ist noch etwas Licht, zwischen den unteren und zur Seite sind die Zwischenräume dunkel; sobald das Licht jedoch intensiver wird, werden die Strahlen etwas kürzer (wahrscheinlich in Folge der Verkleinerung der Pupille) und breiter, und die oberen Auszackungen, namentlich bei *b*, *e*, *d*, *c* werden breiter und länger, so daß sie sich zum Theil berühren und einen Kranz bilden; auch die Räume zwischen den Strahlen sind nicht mehr dunkel, sondern mit schwachem Lichte erfüllt; das intensivste Licht zeigen *a* und *f*; *b* und *c* sind weit schwächer. Bei schwachem Lichte oder allgemeiner Helligkeit der Umgebung verschwinden auch wohl die Strahlen *b* und *c* ganz.

Die Gabelung der äußersten Enden, wie sie in Fig. 11 und 9, 7 Taf. III angegeben ist, sehen fast *alle* Personen, die ich bis jetzt darauf aufmerksam gemacht habe. Namentlich deutlich ist die Spaltung des in Fig. 11 mit *a* bezeichneten Strahles wahrzunehmen.

Bei kleiner intensiver Lichtquelle und möglichst dunkler Umgebung (namentlich wenn das Auge vorher einige Zeit im Dunkeln war) werden einzelne Gabelungen ziemlich lang, so daß sie bedeutend über den inneren Kranz heraustreten, weil die Oeffnung der Pupille groß ist; namentlich tritt dies bei dem Strahl *a* nicht selten ein. In der Dämmerung sieht man die Gabelung nicht, sondern nur lange, breite Lichtbüschel, weil die Pupille durch die allgemeine Helligkeit ziemlich verengt ist.

Beim Nähern sehen sämtliche Beobachter diese Strahlen *kürzer* und *breiter* werden. Dabei werden auch die Gabelungen etwas kürzer, rücken aber gleichzeitig mit gegen die Lichtquelle hin, und selbst in ziemlicher Nähe

ist der Punkt, bei welchem die Gabelung beginnt, noch deutlich wahrnehmbar. Die Zacken rücken sich dabei näher und schliessen den Kranz vollständig; dieser kommt in dem Grade, als die Strahlen an Länge abnehmen, der Lichtquelle näher und näher, bis er mit derselben oder der durch die eng zusammenfallenden Strahlen bedingten Vergrößerung sich vereinigt. — Die Strahlen behalten beim Nähern ihre gegenseitige Lage. Ein Heller- oder Schwächerwerden einzelner Strahlen oder einzelner Theile eines Strahles o. a. konnte ich durch die Brille und Andere mit guten Augen *nicht* wahrnehmen; für kurzsichtige Augen tritt bei kleinen Lichtquellen kurz vor dem Verschwinden der Strahlen eine derartige Aenderung ein, wie in der Folge näher angegeben werden wird.

Die Zeit hat, soweit die Beobachtungen reichen, auf die Lage der Strahlen *keinen* Einfluss.

Dafs die Strahlen um so breiter werden, je gröfser die Lichtquelle ist, also auch je näher man kommt, ist leicht erklärlich, da eine grofse Lichtquelle aus einer grofsen Anzahl kleiner leuchtender Punkte besteht, deren Strahlen um drei Theile parallel neben einander fallen. Man sieht dieses Parallellaufen der Strahlen sehr deutlich, wenn man zwei kleine leuchtende Oeffnungen neben einander betrachtet; noch deutlicher wird es, wenn man vor die eine Oeffnung ein rothes, vor die andere ein grünes Glas hält, weil man dadurch die neben einander liegenden Strahlen besser unterscheiden kann.

Kommt man der Lichtquelle näher, so kann man zuletzt die immer kürzer und breiter werdenden Strahlen nicht mehr von einander unterscheiden, sie bilden einen mehr gleichförmigen Lichtring um die Lichtquelle, der sich als eine Vergrößerung der Oeffnung darstellt; nur bei aufmerksamer Betrachtung und wenn man die Strahlenrichtungen bereits kennt, kann man zuweilen eine diesen entsprechende Anordnung noch erkennen. Es mufs dieser Fall eintreten, sobald die Lichtquelle ziemlich so breit wird, als der äufsere Abstand der Strahlen beträgt, wobei noch der

durch die Zacken gebildete Kranz zu berücksichtigen ist. Hiermit steht im Zusammenhange, daß in derselben Entfernung, in der ein kleiner Punkt noch Strahlen deutlich wahrnehmen läßt, eine große Lichtquelle keine mehr zeigen kann, ganz abgesehen davon, daß bei gleicher Entfernung ein kleiner Punkt einen größeren Strahlenkranz verursacht als ein größerer (s. meine Abhandl. in Pogg. Ann. Bd. 89). Dieß läßt sich sehr deutlich an kleinen leuchtenden Punkten wahrnehmen, wie man sie durch Reflexion oder auch durch eine sehr kleine mit einer schwachen Nähnadel in Pappe gestochene Oeffnung leicht erzeugen kann; man sieht hier in 2 Fuß Entfernung noch sehr deutlich alle einzelnen Strahlen klein, dünn und intensiv, während ein größerer Punkt nur von einem gleichförmigen Lichtringe umschlossen scheint. Das Gabeln und der dadurch gebildete Kranz war bei dem reflectirten Lichte wegen der umgebenden Helligkeit nicht mehr zu unterscheiden; bei der kleinen Oeffnung in Pappe zeigte sich derselbe jedoch bis zuletzt deutlich. Bei etwa 18" Entfernung erschien auch der kleine Punkt ohne Strahlen.

In ungefähr 6 Fuß Entfernung von der mit einer Stopfnadel in Pappe angebrachten Oeffnung geht der Kreis für mein rechtes Auge in eine längliche Scheibe über, deren Hauptaxe etwas geneigt liegt, Fig. 12 Taf. III, also *nicht* mit den Strahlen *f* zusammenfällt; für das linke Auge liegt derselbe ziemlich vertical und also mit der Strahlenfigur in Uebereinstimmung. Bei weiterem Nähern wird das Oval immer kleiner und länglicher, bis zuletzt nur noch ein kleines längliches Oval und die beiden oberen Strahlen *F* sichtbar sind, welche dann ebenfalls verschwinden, Fig. 13 Taf. III. Ein noch weiteres Nähern ist bei dieser Größe der Oeffnung und Lichtintensität für die Augen zu anstrengend und daher unsicher, und wurde deshalb hierzu eine ganz kleine, mit einer feinen Nähnadel in Pappe gestochene Oeffnung benutzt, welche vor die Glocke der Studirlampe gebracht wurde. In größerer Entfernung kann man die Oeffnung kaum wahrnehmen, in ziemlicher Nähe

sieht man, wie oben bereits erwähnt, sehr deutlich die kleinen Strahlen. Beim allmählichen Nähern verschwinden zuerst die mehr horizontalen Strahlen, man sieht nur noch die oberen; gleichzeitig wird das Bild der Oeffnung länglich, jedoch in einer mit der Richtung der Strahlen nicht mehr ganz zusammenfallenden Richtung, bis man Fig. 14 erhält. Bei noch weiterem geringen Vorgehen verschwinden auch die oberen kleinen Strahlen und sodann die längliche Gestalt, und der leuchtende Punkt wird deutlich sichtbar. Bei noch weiterem Nähern nimmt die Oeffnung eine auf die erste rechtwinklige Längenerstreckung an, und bald kann man einen Stern unterscheiden wie er in Fig. 15 und vergrößert in Fig. 16 dargestellt ist. Die Mitte desselben ist anfangs dunkel. Je näher das Auge kommt, um so mehr nähert sich die leuchtende Oeffnung dem Kreise; die Zacken werden länger, die Bogen treten gleichsam in die Figur ein und bilden ein Polygon, bis sich bei ziemlicher Nähe Fig. 17 herausstellt. Die Mitte bleibt dabei nicht dunkel, sondern ist wie die ganze Fläche mit kleinen lichten Punkten besät. Ganz nahe erhält man einen vollständigen Kreis, in welchem die Zacken sich an den Rändern als breitere, intensivere Stellen abzeichnen; bei einiger Aufmerksamkeit läßt sich der innere Stern jedoch noch wahrnehmen. Innerhalb des vorderen Brennpunkts wird der mittlere Theil sehr schwach, die ganze Fläche ist mit hellen und dunkeln Punkten bedeckt, und die von dem Rande herein noch sichtbaren hellen Linien (vorausgesetzt, daß die Oeffnung sehr klein war) bekommen in ihrer Mitte einen dunkleren Strich.

Mit dem linken Auge sind die Erscheinungen nur in sofern geändert, als hier die Längenerstreckung des ersten Ovals mit der verticalen Richtung des Strahlengebildes zusammenfällt, Fig. 18, so daß es beim Nähern scheint, als ob die Strahlen in die Verlängerung übergingen, oder umgekehrt, sich beim Entfernen aus derselben entwickeln, was jedoch, wie das andere Auge zeigt, keineswegs der Fall ist. Auch bekomme ich hier den Punkt nie rein zu sehen, beim

weiteren Nähern tritt vielmehr, neben der Abnahme in verticaler Richtung, eine Erweiterung in horizontaler ein, wie Fig. 18 zeigt; geht man noch wenig vor (vielleicht $\frac{1}{2}$ Zoll), so verschwindet die verticale Erstreckung und man erhält ein längliches Oval, in welchem sich ein dem obigen ähnlicher Stern entwickelt, dessen Lage fast genau horizontal ist.

B. M. (gutes Auge) sieht einen kleinen leuchtenden Punkt (kleine Oeffnung in Pappe vor der Glocke der Studirlampe) mit dem linken Auge in etwa 18" Entfernung in horizontaler Richtung verlängert, Fig. 19; beim Nähern wird er dann deutlich und bei etwa 6 Zoll nimmt er eine Längenerstreckung in verticaler Richtung an, Fig. 20, in welchem länglichen Oval sich dann ein dem obigen ähnlicher Stern entwickelt. Mit dem rechten Auge ist die Lage abweichend, in etwa 18 Zoll Entfernung wie in Fig. 21, in 6 Zoll Entfernung wie Fig. 22.

Beim Sehen mit beiden Augen zugleich behält im Allgemeinen das rechte die Oberhand, von dem linken werden nur die helleren Stellen wahrgenommen; da die Strahlen beider Augen nicht alle auf einander fallen (wenigstens in meinen Augen), so sieht man jetzt mehr Strahlen, namentlich wird der lange Strahl *l* des linken Auges deutlich und ragt ziemlich über den allgemeinen Kranz vor; die sich für beide Augen darstellende Figur ist in Fig. 23 dargestellt, *a* und *b* gehören dem rechten, *l* dem linken Auge an.

6. Betrachte ich *ohne Brille* die eben näher bezeichnete gröfsere Oeffnung in 12 bis 13 Fufs Entfernung, so stellt sich dieselbe als eine grofse von dunklen Stellen unterbrochene Scheibe dar, ähnlich einem lichten Gewebe; nach der Mitte werden die Maschen des Gewebes enger. Diese Scheibe ist umschlossen von einem hellen, nach aufsen blauen, nach innen rothen Rande, auf dessen Entstehung wir in einem folgenden Aufsatze näher eingehen werden. Die Strahlen sind sehr breit und undeutlich und nur noch an dem Engerstehen der Maschen und etwas gröfserer Intensität einzelner Theile zu erkennen; an mehreren Stellen

kann man auch im Kranze durch gröfsere Helligkeit die Gabelung unterscheiden. Nähert man sich dem leuchtenden Punkte, so nimmt der Durchmesser der hellen Scheibe ab und gleichzeitig wird das Gewebe enger; bei 3 Fufs sind die Strahlen schon einzeln zu unterscheiden, jedoch noch immer sehr verbreitert, genau treten sie erst bei etwa 12 Zoll Entfernung hervor; die Figur verliert zugleich ihr rundes Ansehen und wird mehr polygonal, s. Fig. 25; wenig näher sieht man die Oeffnung deutlich. Noch näher sieht man die Oeffnung wieder polygonal Fig. 26, und später rund. — Ein durch Reflexion erhaltener Punkt zeigt in etwa 3 Fufs Entfernung Fig. 27; die Strahlen sind sehr verbreitet und werden *nach aufsen breiter*, an den Rändern *r, s* sind sie heller als in der Mitte, und oben bei *t* zeigt sich wieder eine hellere Stelle, wo die Gabelung beginnt. Beim Nähern rücken die lichten Ränder *r, s* sich immer näher, bis sie etwas vor der deutlichen Sehweite zusammenfallen und so den hellen Strahl bilden. Hiermit in Uebereinstimmung zeigt eine kleine Lampe in 15 bis 16 Fufs Entfernung dem kurzsichtigen Auge bei genauem Betrachten eines Strahles (*a*) denselben wie in Fig. 28 dargestellt; die Ränder sind hell, die Mitte weniger; beim Nähern rücken diese Ränder zusammen. Auch scheint bei ersterem Versuche die Intensität der Strahlen und einzelner Strahlentheile beim Nähern nicht dieselbe zu bleiben; so ist z. B. anfangs *e* deutlicher und zwar vorzugsweise innen (was auch für die Mehrzahl der übrigen Strahlen gilt), während der äufsere Theil nicht leicht zu unterscheiden ist; dagegen ist von *a* die äufsere Zacke entschieden entwickelt, während der innere Strahl kaum kenntlich ist; beim Nähern wird von *e* u. d. *a*. der äufsere Theil deutlicher.

Eine ganz kleine Oeffnung vor die Glocke der Studirlampe gehalten, zeigt in etwa 19 Zoll Entfernung die Strahlen ganz deutlich, *ebenso wie durch die Brille*, auch die Gabelung und den äufseren Rand. Das linke Auge sieht *g* Fig. 11 *L* nur sehr schwach. Beim Nähern wiederholen

sich die oben bei dem Beobachten durch die Brille angegebenen Erscheinungen.

Richtet man das Auge auf einen etwas zur Seite gelegenen Punkt, vielleicht auf die Gabelung eines Strahles, so wird dieser Strahl länger, der entgegengesetzte kürzer ¹⁾. Innerhalb der deutlichen Sehweite bringt ein Verschieben des Auges oder der kleinen Oeffnung in Bezug auf den innerhalb der Oeffnung auftretenden Stern fast keine Aenderung hervor.

7. Im Strahlenkranze der Fixsterne kann ich nur bei den Sternen erster Grösse durch die Brille noch deutlich Strahlen oben und unten wahrnehmen, immer sind die oberen mehr ausgebildet. Ohne Brille sehe ich nur den äusseren Kranz der Scheibe und den Mittelpunkt sich deutlicher abzeichnen; auch hier ist der obere Theil intensiver. Venus und Jupiter zeigen sämtliche Strahlen deutlich.

8. Es werden bei diesen Versuchen mehrfach Farbenerscheinungen wahrgenommen, die nähere Beschreibung und Erklärung derselben wird in einem späteren Aufsätze folgen.

Hassenfratz sucht die Ursache der Strahlen in den unregelmässigen Formen der Krystalllinse und Cornea (*Ann. de chimie* T. 72, 1809) und auch Dr. Fliedner scheint dieser Annahme beizustimmen (*Pogg. Ann.* Bd. 85, S. 324). Die Erklärung von Hassenfratz ist im Auszuge folgende:

»Rechnung und Erfahrung lehrt, dass, wenn die Trennungsoberflächen der brechenden Mittel Kugelabschnitte sind, das Bild eines leuchtenden Punktes ein Kreis ist; wenn aber die gekrümmte gegen das weniger brechende Mittel convexe Oberfläche mit zwei verschiedenen Halbmessern beschrieben ist, so wird das Bild von zwei Ellipsen gebildet, welche sich unter einem von der Stellung

- 1) Dieser Versuch ist von mir durch die Brille und ohne Brille in der Nähe an kleinen Punkten, und auch von Personen mit guten Augen angestellt. Ich sah diese Verlängerung namentlich bei *a* deutlich, andere Beobachter gaben sie für alle Strahlen an.

der beiden Radien abhängigen Winkel schneiden Fig. 29. Es genügt also, dafs die Oberfläche der Cornea oder der Krystalllinse keine Kugelabschnitte seyen, um zu erklären, weshalb das im Grunde des Auges entstehende Bild sich um so mehr einem Kreuze nähert, je mehr der leuchtende Körper entfernt ist und je mehr die zwei Radien, welche ihre Oberfläche erzeugten, verschieden sind.«

»Diese zwei elliptischen Bilder Fig. 29 bemerkt man stets, sobald man den Lichtstrahl durch eine elliptische Linse fallen läfst; dasselbe Bild entsteht auch, wenn die Lichtstrahlen durch unregelmässige Oberflächen, z. B. Medicinflaschen, volle Wasserflaschen etc. gehen.«

Hierauf weist Hassenfratz durch Untersuchung vieler Krystallinsen die elliptische Gestalt der Krystalllinse nach, und zeigt, dafs fast immer der verticale Durchmesser gröfser ist als der horizontale; die Differenz beträgt $17\frac{1}{2}^{\mu}$.

»In verschiedenen Richtungen gemessen scheinen die Durchmesser nicht mit denen übereinzustimmen, die eine Ellipse haben mufs, doch sind die Differenzen zu unbedeutend, um sie mit dem Zirkel bestimmen zu können.«

»Da die Krümmung der vorderen und hinteren Linsen-segmente kein Kreis ist, so folgt, dafs ihre Oberflächen der Kugel *nicht* angehören; hieraus aber, dafs die durchgehenden Lichtstrahlen so viel verschiedene Brennpunkte bilden müssen, als es Krümmungskreise giebt, welche die Oberfläche gebildet haben; dafs also die Krystalllinse allein durch die Unregelmässigkeit ihrer Oberflächen zum Theil oder völlig die Strahlen erzeugen kann, welche man an sehr entfernten Lichtquellen gewahrt. Die Oberfläche der Hornhaut, welche ebenfalls kein Kugelsegment zu seyn scheint, mufs auch neue Brennpunkte und somit neue Strahlen bilden. Somit scheint alles dahin zu deuten, dafs die Erzeugung der Strahlen, welche man an sehr entfernten oder unter kleinem Winkel gesehenen Lichtquellen bemerkt, der vereinigten Wirkung der Krystalllinse und Cornea, d. i. der Natur ihrer gekrümmten Oberflächen, zuzuschreiben sey«

Gegen diese Erklärung lassen sich folgende Bedenken erheben:

1) Die Strahlen sind in der That nicht so wie in Figur 1 bis 3 angegeben und wie sie sich bei dieser Entstehungsweise wohl bilden müssen; es lassen sich schwerlich die scharfen Brennpunkte auf diese Weise erklären; auch dürfte es nicht leicht seyn, die Ursache der Gabelung etc. nachzuweisen.

2) Sey f (Fig. 30) der Vereinigungspunkt der von einem in einer gewissen Entfernung befindlichen, leuchtenden Punkte ausgehenden Strahlen für den horizontalen Durchschnitt AB ; F der Vereinigungspunkt der Strahlen des verticalen Durchschnitts CD . Die Brennpunkte der anderen Schnitte wie EG liegen zwischen f und F . Sind die Brennpunkte von A , B und C nicht die beiden Endpunkte der Brennweite, so ändert dieß nur die Bezeichnung von AB als horizontalen und C als verticalen Durchschnitt, die Erscheinung selbst bleibt dieselbe. — Auf einer durch f gelegten Ebene erzeugt dann der Querschnitt AB einen Punkt, DE eine Linie, EG eine kleine Linie etc., das Bild des leuchtenden Punktes wird also die in Fig. 31 dargestellte, einer Lemniscate ähnliche Gestalt besitzen. Ebenso wird auf einer durch F gelegten Ebene der leuchtende Punkt ein ähnliches, um 90° gedrehtes Bild geben, Fig. 33. Auf Ebenen zwischen F und f , wie F_1 , wird das Bild wie Fig. 32 ausfallen, je nachdem sich die Ebene mehr dem einen oder anderen Endpunkte nähert. Der verticale Theil ist stets Zerstreuungsfigur der Nähe, der horizontale Zerstreuung der Ferne. Auf einer hinter der Brennweite gelegenen Ebene F_2 muß eine ovale Figur, wie Fig. 34 entstehen, die sich immer mehr und mehr dem Kreise nähert, je weiter die Ebene von F absteht, da die Differenz der Halbmesser eine von der Entfernung der Brennpunkte F und f abhängige constante Größe ist. Da dieser Abstand nur unbedeutend ist, so muß, da die Durchmesser proportional der Entfernung zunehmen, die Gestalt sehr bald dem Kreise sich nähern. Auf einer innerhalb

der Brennstrecke Ff gelegenen Ebene F_3 muß eine ähnliche Zerstreuungsfigur der Nähe entstehen, nur in einer um 90° gedrehten Lage. Ist die Lichtquelle nicht ein Punkt, sondern ausgedehnt, so giebt jeder einzelne Punkt ein derartiges Bild, und diese Bilder setzen sich zu einem größeren zusammen; ein kleiner Kreis muß sich in f als längliches Oval, in F als liegendes Oval, in F_1 als eine aus zwei sich rechtwinklig durchschneidenden Ovalen zusammengesetzte Figur, in F_2 und F_3 als größere Ovale darstellen.

Berücksichtigen wir noch die mit der Entfernung eintretende sphärische Abweichung, so wird diese in f eine Vergrößerung des horizontalen Durchmessers bedingen; ob der verticale vergrößert oder verkleinert wird, hängt von der Größe der Längenabweichung der sphärischen Abweichung ab; in F werden beide Durchmesser um ziemlich gleichviel vergrößert; — in F_1 der horizontale; der verticale dürfte eher eine Verminderung erleiden. Dem entsprechend werden auch die anderen Linien etwas verändert. In F_2 und F_3 bedingt die sphärische Abweichung nur eine mehr oder weniger aequidistante Curve.

Soll die von Hassenfratz gegebene Erklärung richtig seyn, so muß die Netzhaut sich fortwährend in einer zwischen F und f gelegenen Stellung befinden, während sich das Auge näheren oder fernerer Gegenständen adaptirt. Je entfernter ein Gegenstand ist, um so mehr rücken die beiden Punkte F und f aber einander näher (ist der leuchtende Punkt in einem vorderen Brennpunkte des Auges, so müssen die Strahlen des einen Durchschnittes parallel gehen, während die des andern sich noch vereinigen, die Differenz ist daher am größten), um so mehr muß also der Einfluß der ellipsoïdischen Gestalt verschwinden, es müssen also die Strahlen ohne sphärische Abweichung mit der Entfernung kleiner werden, was nicht der Fall ist. Berücksichtigen wir aber die Zunahme der sphärischen Abweichung mit der Entfernung, wodurch namentlich der horizontale Durchmesser vergrößert wird, so müßten mit

der Entfernung die horizontalen Strahlen zunehmen, der verticale eher abnehmen (zumal als die Brennstrecke mit der Entfernung kleiner wird), was nicht der Fall ist.

Der sich innerhalb der Brennstrecke bildende Stern besteht zur Hälfte aus Zerstreuungslicht der Nähe, zur Hälfte aus solchem der Ferne; bei den Strahlen findet ein ähnliches Verhältniß nicht statt, wie sich durch Hineinschieben eines Blattes Papier leicht nachweisen läßt, indem das Zerstreuungslicht der Nähe von der *entgegengesetzten* Seite hinein abgeschnitten wird, wie man auch durch einen Versuch innerhalb der deutlichen Sehweite leicht darthun kann. Diefes bleibt ein Einwurf, selbst wenn wir annehmen wollten, dafs sich während der Accommodation die Gestalt des Auges so ändere, dafs die Brennstrecke gröfser wird.

Kann das Auge sich der Entfernung nicht accommodiren, so wird beim allmählichen Entfernen die Netzhaut sehr bald die Lage F_2 annehmen, indem sich die Brennstrecke Ff vorwärts bewegt; es müßten also die Strahlen verschwinden; was *nicht* der Fall ist, vielmehr entwickeln sie sich eben nach Ueberschreitung dieser Strecke erst vollständig, wie aus obigen Versuchen hervorgeht und auch im Folgenden näher gezeigt werden wird. Ebenso könnten *innerhalb* der deutlichen Sehweite keine Strahlen sichtbar seyn; wie bereits oben gezeigt, entwickeln sich daselbst aber Fig. 16 und 17.

3) Noch deutlicher zeigt sich, dafs die ellipsoïdische Gestalt der Linse die Ursache nicht ist, wenn wir den Einfluß dieser Gestalt in obigen Versuchen genau verfolgen, wie Dr. Fliedner zuerst gezeigt hat. — Gehen wir zunächst die Versuche bei kurzsichtigem Auge (mit und ohne Brille) durch, so zeigte sich nämlich, dafs ich mit dem linken Auge die drei Stellungen F , F_1 und f deutlich wahrnehmen konnte (wenn auch in umgekehrter Reihenfolge, worauf wir sogleich zurückkommen werden), mit dem rechten nur F und f , weil beide Punkte wahrscheinlich enger zusammen liegen und daher beide Ovale nicht unterschieden werden, sondern sich als scharf begränzte Oeff-

nung darstellen ¹⁾. Die Differenz in der Entfernung betrug etwa $\frac{1}{2}$ Zoll; es liegen also beide Punkte eng zusammen; da sie beim Entfernen noch enger zusammenrücken, so liegt schon in dieser Kleinheit ein Grund, weshalb die Strahlen hierdurch *nicht* verursacht werden können. Auch zeigt sich hier die bereits in (1) angedeutete Abweichung der Gestalt zwischen den Strahlen und diesen Ovalen deutlich. — Die Strahlen, welche ich bei einem kleinen Punkte in der Nähe auch ohne Brille sehr deutlich sah, entwickelten sich ferner erst nach Eintritt in den Punkt *F*, in welchem Falle, wie bereits oben gezeigt, keine Kreuzung der Ovale mehr stattfindet. — Dasselbe Resultat ergab sich auch bei guten Augen (*M.B.*), nur war die Differenz eine grössere (12 Zoll etwa), woraus sich schliessen läßt, daß auch hier während der Accommodation die Netzhaut sich in *F* befand und somit die Brennstrecke erst in der Nähe durchlaufen wird, wenn sich des Auge nicht mehr völlig zu accommodiren vermag; stünde sie für gewöhnlich in der Mitte der Brennstrecke, so könnte nur die Hälfte durchlaufen werden; die andere Hälfte müßte in der zweiten Gränze des deutlichen Sehens durchlaufen werden, welche, wenn sie überhaupt für das gute Auge existirt, wenigstens sehr entfernt liegt; daß bei 18" nicht die zweite Gränze des deutlichen Sehens ist und von hier an also der Brennpunkt vor die Netzhaut fällt, ist bereits von Dr. Fliedner in einem Anhang (Pogg. Ann. Bd. 85, S. 460) gezeigt, geht aber auch aus den im vorigen Aufsätze beschriebenen Versuchen hervor. Da sonach die Netzhaut während des Sehens nach einem fernen Gegenstande in *F* steht, so kann auch hier ein solches Kreuz nicht entstehen.

- 1) Es scheint im Allgemeinen diese Differenz im linken Auge stärker, womit auch die Thatsache übereinstimmt, daß (wie schon oben bemerkt) das linke Auge bei den meisten Beobachtern den Strahlenkranz noch länglich sieht, während er dem rechten bereits rund erscheint; ob diess mit der größeren Uebung des rechten Auges zusammenhänge, durch welche dieses in den meisten Fällen die Oberhand behält, läßt sich erst entscheiden, wenn eine größere Anzahl deshalb angestellter Versuche vorliegen.

Auch die Verschiedenheit der Lage zwischen verticalem Strahl und Längenerstreckung des Ovals, welche sich, wie oben beschrieben, für mein rechtes Auge deutlich herausstellt, während im linken beide Richtungen zusammenfallen, beweist, daß die Strahlen und die elliptische Gestalt von einander unabhängig sind; das Länglichwerden des Strahlenkranzes, welches oben beschrieben ist, ist eine Folge der ellipsoïdischen Gestalt, aber nicht die Strahlen. Die Ursache, weshalb sich für das kurzsichtige Auge der Strahlenkranz mit der Entfernung dem Kreise mehr und mehr nähert, ist in der constanten Differenz des immer größer werdenden verticalen und horizontalen Durchmessers zu suchen; daß dem guten Auge beim Entfernen der Strahlenkranz sich mehr und mehr dem Kreise nähert, in der Verminderung der Brennstrecke mit der Entfernung und bei sphärischer Abweichung gleichzeitig in dem fürs kurzsichtige Auge angegebenen Grunde.

Es geht hieraus deutlich hervor, daß die Ursache der Strahlen nicht in der *Form* der Krystalllinse zu suchen ist, daß dieser Einfluß sich in der Form nur auf eine unbedeutende Aenderung der Gestalt des Strahlenkranzes und dann auf die Weite des deutlichen Sehens beschränkt; und es fragt sich, ob die in deutlicher Sehweite wahrgenommene Irradiation nicht z. Th. wenigstens hieher zu rechnen sey. Es ergiebt sich ferner, daß die ellipsoïdische Gestalt für die Accommodation nur von geringem Einflusse ist und ihr demnach in dieser Beziehung eine so umfassende Wirkung, wie ihr Sturm beilegt, nicht beigemessen werden kann.

Da die mit meinen kurzsichtigen Augen angestellten Versuche in Bezug auf die Reihenfolge der Erscheinungen eine umgekehrte Ordnung angeben, als der obigen Betrachtung nach stattfinden müßte, und bei *B. M.* in dem einen Auge wirklich eintritt, so kann man schließen, daß bei meinen Augen der horizontale Durchmesser größer ist, als der verticale. Bei Dr. Fließner liegt der größere Durchmesser geneigt. Die mit der Durchmesserscheibe angestell-

ten Versuche bestätigen dasselbe, indem ich den verticalen Durchmesser in größerer Entfernung, den horizontalen in etwas geringerer Entfernung deutlich sehe, während *B. M.* mit dem linken Auge und nach Dr. Fliedner die meisten Beobachter beim Hineingehen von außen zunächst den horizontalen deutlich sehen, Dr. Fliedner selbst aber einen geneigten. Bei *B. M.* trat in Uebereinstimmung mit den oben beschriebenen Erscheinungen bei der kleinen Oeffnung noch der Umstand ein, daß er mit dem, wie bei den meisten Personen, besseren oder doch geübteren rechten Auge in etwa 18" Entfernung einen geneigten, jedoch mehr verticalen Durchmesser deutlich sah, in etwa 6" den darauf winkelrechten, während das linke Auge in größerer Entfernung (18") den horizontalen, in der Nähe (6") den verticalen dunkler wahrnahm. Der Nutzen der Durchmesserscheibe (schwarz auf weißem Grunde) bei diesen Versuchen ist bei der Leichtigkeit und Sicherheit ihrer Wirkung unverkennbar, da z. B. *B. M.* die Längenerstreckung der leuchtenden Punkte erst dann deutlich wahrnahm, als mit Hülfe der Durchmesserscheibe, bei welcher diese Verschiedenheit sogleich bemerkt wurde, die Entfernungen 18" und 6" bestimmt waren.

Es geben also die Versuche von Dr. Fliedner ein Mittel an die Hand, die Gestalt der Linse auch ohne Messung zu bestimmen, und dürfte es nicht unwichtig seyn, durch eine Reihe von Versuchen den Einfluß der Kurzsichtigkeit auf die Gestalt der Linse nachzuweisen.

10. Joslin erklärt die von ihm beobachteten Strahlen folgendermaassen:

»Es überraschte mich die Coincidenz dieser Ausbreitung heller Gegenstände nach drei gleich abständigen Richtungen mit den drei gleich abständigen Faserbündeln und den drei ebenfalls gleich abständigen gestrahlten Linien, die man wie Th. Young in seinen *Observations on Vision* gezeigt hat, auf der Vorderfläche der Krystalllinse des Ochsen bemerkt.«

»Es schien mir, als hätte ich den Faden, der mich zur Ursache dieser Erscheinung führen müsse, gefunden in einer

Structur, die darauf berechnet schien, eine symmetrische Wirkung in Bezug auf drei gleich abständige Strahlen der Krystalllinse zu erzeugen, einer Structur, die in keinem anderen Theile des Gesichtorgans etwas ähnliches zu haben schien.»

Dafs eine ähnliche Structur im menschlichen Auge stattfindet, oder wenigstens die Disposition zum Eintritt derselben sogleich mit dem Tode gegeben ist, geht aus folgenden Angaben von Ruete ¹⁾ hervor:

»Betrachtet man eine menschliche Linse unter dem Mikroskop, so nimmt man hier, besonders wenn sie vorher mit Essigsäure behandelt war, auf beiden Flächen, der vorderen und hinteren, drei Spalten wahr. Diese drei Spalten gehen strahlenförmig vom Mittelpunkte aus und theilen eine jede Fläche in drei Segmente. Die Richtung dieser Strahlen auf der vorderen Fläche ist von der auf der hinteren verschieden; auf der ersteren geht ein Strahl gerade nach oben und zwei andere laufen schief nach unten, der eine nach rechts, der andere nach links; auf der hinteren findet das Gegentheil statt, denn der eine geht perpendicular nach unten, zwei andere steigen schief nach oben, auch hier der eine nach rechts, der andere nach links. — Jedes der drei Segmente kann wieder in mehrere kleinere Segmente zerlegt werden. Die drei Hauptsegmente lassen einen dreitheiligen Raum zwischen sich, der wie die Zwischenräume der übrigen Segmente und der Faserschichten von Zellen ausgefüllt ist.« Diese Gränzen sollen im parallelen oder divergenten Lichte, wie man es durch eine mit der Spitze einer feinen Nähnadel in ein Kartenblatt gemachte kleine Oeffnung, die man unmittelbar vor das Auge hält, oder durch Reflex erzeugen kann, sichtbar werden, in Form einer drei-, vier-, fünfteiligen Figur (Listing): Was man benutzen kann, um die Bildung eines grauen Staares sogleich im Anfange wahrzunehmen (Ruete, S. 156).

Es fragt sich zunächst, auf welche Weise diese Spalten

1) Ophthalmologie von Ruete, 1846, S. 43.

wirken sollen. Da Joslin von einer allgemeinen sphärischen Abweichung nichts angiebt, vielmehr nur diese Strahlen in Betracht zieht, so müßten diese Spalten der Längsrichtung nach Licht ablenken; wir müßten annehmen, daß das Licht in diesen Radien stärker gebrochen werde (was allerdings fraglich ist), so daß, während das andere Licht im Auge parallel geht, diese Radien einen concentrirteren Stern bilden; beim Entfernen der Lichtquelle müßte dann der Vereinigungspunkt dieser Strahlen auf die Netzhaut fallen und bei noch größerer Entfernung würde er, wenn die Netzhaut sich dem anderen Lichte accommodirt, vor dieselbe zu liegen kommen und derartige Strahlen verursachen, wie wir sie in der That wahrnehmen.

Einwenden läßt sich dagegen:

1) Diese beiden Brennpunkte können nie zusammenfallen, wenn sich auch ihr Abstand mit der Entfernung des leuchtenden Punktes vom Auge vermindert; befindet sich in der deutlichen Sehweite die Netzhaut im Brennpunkte der übrigen Lichtstrahlen, so müßten die Radien bereits Strahlen im Bilde verursachen; befindet sie sich im Brennpunkte der durch die radialen Spalten gehenden Lichtstrahlen, so müßte das übrige Licht einen Zerstreuungskreis der Nähe geben. Will man aber annehmen, daß schon hier die Brennpunkte so nah zusammenliegen, daß man diese Verschiedenheit nicht mehr wahrzunehmen vermöge, so fällt die ganze Erklärung weg, da dann auch in größerer Entfernung keine Strahlen entstehen können. — Befindet sich die Netzhaut in der deutlichen Sehweite im Brennpunkte der anderen Strahlen, wie es der Lichtintensität halber zu vermuthen wäre, — weshalb werden dann auch bei den der Accommodation fähigen Augen die Strahlen um so länger, je größer die Entfernung wird, da doch der Abstand der Brennpunkte sich nicht vergrößert, sondern verkleinert? Es müßte sich also der Brechungszustand oder die Gestalt der Linse während der Accommodation verändern, was mit der gewöhnlichen Annahme nicht übereinstimmt, wonach die Accommodation in einer Verlängerung des Abstandes

der Krystalllinse und der Netzhaut besteht (s. Listing in Wagner's phys. Wörterbuch). Ein Zusammenhang mit der sphärischen Abweichung wäre auch nicht leicht nachzuweisen, wie er doch augenfällig zwischen den Strahlen und der sphärischen Abweichung besteht.

2) Es wird durch obige Hypothese nicht erklärt, weshalb bei kurzsichtigem Auge eine so bedeutende Verbreiterung der Strahlen eintritt, daß man sie kaum noch als Strahlen erkennen kann; weshalb die Ränder dieser Strahlen heller als die Mitte sind; weshalb diese Ränder mit dem Nähern der Lichtquelle zusammenrücken und sich zuletzt als helle Linie darstellen u. s. w.

3) Es läßt sich, ähnlich wie es Listing ¹⁾ bei parallelem oder divergentem Lichte im Auge gezeigt hat, auch bei dem durch entfernte Lichtquellen verursachten convergenten Lichte nachweisen, ob die Ursache einer, durch das Auge Fig. 35 selbst hervorgebrachten Erscheinung vor oder hinter der Pupille, oder in der Nähe derselben zu suchen sey, da bei entfernter Lichtquelle ebenso wie bei naher das Lichtbild vermöge der sphärischen Abweichung durch die Pupille begränzt wird. Sey *J*, Fig. 35, die Iris, *R* die Retina und *A* ein leuchtender Punkt. Befindet sich der die helleren Strahlen im Strahlenkranze erzeugende Gegenstand vor der Pupille, so muß, wenn man das Licht nach *B* bringt, der-jetzt auf den Endpunkt der optischen Axe fallende Strahl *eb*, welcher von *oq* erzeugt wird, d. i. der Strahl, auf welchen das Auge sich richtet, an Länge abnehmen; liegt aber die Ursache hinter der Iris, so muß umgekehrt der Strahl länger werden. Nun ist letzteres mit allen Strahlen der Fall, folglich ist es wahrscheinlich, daß die Ursache hinter der Iris liegt. Ich sehe entschieden den Strahl *a* länger werden; dieser müßte aber, wenn Spalten die Ursache sind, eben der vorderen Linsenfläche angehören. Die vorderen Theile der Linse können es also nicht gut seyn, und somit könnten nur 3 Strahlen auftreten. Allerdings ist in der Ferne auch die Einwirkung der sphä-

1) Beitrag zur phys. Optik.

rischen Abweichung zu beachten, durch welche *bc* länger als *bf* wird; doch könnte dadurch immer nur eine allgemeine Vergrößerung und nicht eine besondere Verlängerung der Zacken eintreten, wie es der Fall ist.

4) Die Richtung der Strahlen stimmt nicht genau mit der Lage der Spalten auf der vorderen und hinteren Linsenfläche überein; von den Strahlen ist der eine fast immer horizontal. Berücksichtigt man jedoch, daß das Auge etwas von der horizontalen Lage abweicht, so kann diese Verschiedenheit nicht als entscheidend angesehen werden; *a*, Fig. 11, müßte dem einen Spalt der vorderen Fläche entsprechen.

11. Die nun zunächst liegende Erklärung ist: daß diese Spalten vermöge ihres Querschnitts innerhalb der sphärischen Abweichung ¹⁾ rechtwinklich auf ihre Längenerstreckung Licht ablenken und in einzelne helle Streifen concentriren, oder daß diese Spalten, indem sie das Licht anders brechen und ablenken, wie feine dunkle Linien zu hellen Beugungslinien Anlaß geben. Letztere Annahme besitzt mehr Wahrscheinlichkeit, da sich nicht leicht einsehen läßt, wie die Spalten rechtwinklich auf ihre Längenerstreckung Licht ablenken sollen; daß aber ein das Licht ablenkender Streifen ebenso gut wie eine dunkle Linie zu Beugungserscheinungen Veranlassung geben kann, ist bereits von Fresnel gezeigt.

Von obigen Einwänden läßt sich nur noch 3) anführen, doch wird der dort angegebene Versuch dadurch erschwert und etwas unsicher, daß eine Verlängerung der Strahlen schon durch die sphärische Abweichung eintritt, und man somit leicht Täuschungen unterworfen ist. Da dieser Versuch dennoch vielleicht der einzige hinlänglich entscheidende ist, in sofern er die Lage der Ursache gegen die Pupille bestimmt; so dürfte eine öftere Wiederholung desselben wohl zu wünschen seyn, zumal meine eigene Beob-

1) Die Ursache der sphärischen Abweichung und der Abnahme derselben mit der Nähe des leuchtenden Punktes ist wahrscheinlich in der Form der Linse zu suchen, wie in einem späteren Aufsatz gezeigt werden soll.

achtung einerseits durch die Brille, andererseits durch die Kleinheit der Strahlen erschwert ist.

Ein ähnlicher Versuch, der auch geeignet scheinen dürfte, zu entscheiden, ob die Ursache der Strahlen nur in der Nähe der hinteren Linsenfläche, oder zum Theil auch auf der vorderen zu suchen sey, besteht darin, daß man eine kleine oder hinlänglich entfernte Lichtquelle von der Seite betrachtet, indem im letzteren Falle die Mittelpunkte der durch die dreitheiligen Spalten entstehenden Bilder nicht mehr zusammenfallen können, vielmehr ein gegenseitiges Verschieben der Strahlen eintreten muß. Deshalb angestellte Versuche zeigten allerdings ein derartiges gegenseitiges Verschieben der Strahlen nicht, doch ist auch hier zu beachten, daß eine große Abweichung von der Augenaxe nicht möglich ist, weil die Empfindlichkeit der Netzhaut in einiger Entfernung von der optischen Axe bedeutend abnimmt, und dadurch die Erlangung einer auffälligen Verschiebung erschwert wird. Will man die Ursache der Strahlen im Strahlenkranz nur in den drei Spalten der hinteren Linsenfläche und den weiteren Abtheilungen suchen, in die sich die drei Hauptsectoren zerlegen lassen, so fällt auch der Einwand 3) weg; nur ist das Vorhandenseyn der Unterabtheilungen im lebenden, gesunden Auge noch weniger erwiesen, als das der drei Spalten.

Daß solche Spalten das Licht wirklich so abzulenken vermögen, wie die Entstehung der beobachteten Strahlen verlangt, *scheint* aus einigen Versuchen hervorzugehen, bei welchen die Linse eines Ochsenauges (einige Stunden nach dem Herausnehmen aus dem Auge) vor eine kleine leuchtende Oeffnung gehalten wurde; man sah in dem auf einer weißen Fläche aufgefangenen Bilde den besagten Strahlen ganz ähnliche am Ende gegabelte Lichtlinien entstehen, welche sich mit der Entfernung des Schirms vom Brennpunkte vergrößerten und zuletzt durch eine dunkle Linie in der Mitte spalteten.

12. Eine Vergleichung der in Fig. 11 *R* dargestellten Strahlenfigur, auf welche sich auch die von den anderen

Beobachtern angegebenen Strahlen zurückführen lassen, mit dem mittleren Theile der Projection der Verzweigung der den Glaskörper durchdringenden Ader vor ihrem Eintritt in die hintere Linsenkapsel, Fig. 36, (Abbild. aus F. Arnoldi *tabulae anatomicae* bei neunfacher Vergrößerung) läßt eine ziemliche Uebereinstimmung wahrnehmen, namentlich der oberen Strahlen f , wenn man berücksichtigt, daß die auf der Netzhaut entstehende Figur oben und unten verwechselt zeigt, man also in Wirklichkeit eine mit der Aderfigur gleiche Figur zu sehen glaubt. Es liegt daher auch die Annahme nicht fern, die Ursache der Strahlenfigur, die ein in größerer Entfernung befindlicher leuchtender Punkt zeigt, in diesen Arterien zu suchen, vorausgesetzt, daß man zu der Annahme berechtigt sey, daß alle oder einzelne dieser Arterien auch im Auge des Erwachsenen *nicht vollständig* absorbirt sind, was allerdings nur Physiologen vollständig entscheiden können.

Die Wirkung dieser Adern in der durch die sphärische Abweichung bedingten Vergrößerung besteht dann entweder darin, daß sie bei etwas geringerem Brechungsvermögen das auf sie fallende Licht winkelrecht gegen ihre Längenerstreckung ablenken und den Durchkreuzungspunkt der Strahlen auf die Retina verlegen, oder daß sie wie dunkle Linien innerhalb der durch die sphärische Abweichung bedingten Vergrößerung zu Beugungserscheinungen Anlaß geben.

Eine Vergleichung der Kleinheit der Adern, der Intensität der Lichtlinien u. s. w. macht die zweite Annahme wahrscheinlicher. Auch die unter gewissen Verhältnissen eintretende, oben näher beschriebene Spaltung der Strahlen durch eine in der Mitte auftretende dunkle Linie spricht für die Entstehung der Strahlen durch Beugung. Die verschiedene Intensität der mehr horizontalen oder verticalen Strahlen bei verschiedenen Beobachtern, so wie der gänzliche Mangel einzelner Strahlen bei anderen Beobachtern ließe sich dadurch erklären, daß nicht alle Adern in gleicher Weise absorbirt sind. Die in meinem linken Auge

(Fig. 11, *L*) auftretende Verdoppelung des einen Strahls *m* und *l*, welche in ähnlicher Weise auch in den Figuren 7 und 8 auftritt, erklärt sich durch die Beugungserscheinungen ziemlich leicht. Die in Fig. 9 auftretenden Ringe hängen wahrscheinlich mit den Strahlen nicht zusammen; ihre Ursache ist vielmehr wahrscheinlich in der Bindehaut zu suchen, da diese Ringe große Aehnlichkeit mit den Ringen haben, die man um eine Lichtquelle wahrnimmt, wenn man dieselbe durch einen unmittelbar vor das Auge gehaltenen Wassertropfen betrachtet (s. Pogg. Ann. 1855, Heft 12).

14. Was die Ursache der innerhalb der deutlichen Sehweite sich darbietenden Erscheinungen ist, ob dieselben nicht wenigstens zum Theil auf gleiche Weise als die außerhalb der deutlichen Sehweite eintretenden Strahlen verursacht werden, wobei dann die durch die sphärische Abweichung bedingten Aenderungen zu berücksichtigen sind (Pogg. Ann. 1855, Heft 12), mag für jetzt dahin gestellt bleiben.

Beim Vorhalten einer kleinen, in einem Schirme angebrachten Oeffnung unmittelbar vor das gegen den blauen oder bewölkten Himmel gerichtete Auge, wie es Listing in den Beiträgen zur physiologischen Optik angiebt, wurden dieselben Resultate, als beim Beobachten eines kleinen leuchtenden Punktes erhalten (s. oben). Befindet sich die Oeffnung unmittelbar innerhalb der deutlichen Sehweite, so zeigt sich zunächst der kleine Stern, Figur 15 und 16, mit einem dunklen, strahlenförmigen Punkte in der Mitte; beim Nähern wird die helle Scheibe polygonal und dann rund, und indem sie sich vergrößert, rückt das aus hellen Linien gebildete Polygon mehr vom Rande ab. Die ganze Fläche ist zahlreich mit lichten Punkten bedeckt; am Rande ist ein schmaler, nach außen gelblich bis röthlich gefärbter Rand. In unmittelbarer Nähe des Auges (innerhalb des vorderen Brennpunktes) ist das innere Polygon kaum mehr zu erkennen, und die am Rande noch schwach wahrnehmbaren Strahlen zeigen sich jeder durch eine mittlere dunkle Linie getheilt ¹⁾. — Bei etwa 3 Zoll Entfernung vom Auge

1) Um leistungere Erscheinung wahrzunehmen, ist eine sehr kleine Oeffnung erforderlich.

sind die hellen Punkte in drei Richtungen mehr zusammenhängend; es entstehen drei helle Linien, eine nach unten, zwei schräg nach oben gerichtet, mit daneben hinlaufenden dunklen Linien. Diese hellen und dunklen Linien scheinen den Spalten der vorderen Linsenfläche zu entsprechen. Schon bei 2 Zoll Entfernung der leuchtenden Oeffnung vom Auge vermag man diese Linien nicht mehr von den Punkten, mit denen die ganze Fläche bedeckt ist, zu unterscheiden; dagegen bemerkt man noch deutlich aufer dem hellen Rand, der die ganze helle Scheibe umschliesst, das innere Polygon mit den von den Ecken ausgehenden Linien. — Noch näher kann man nur noch helle und dunkle Punkte unterscheiden.

Größere, quer durch den mit lichten Punkten besäeten Kreis hindurchgehende Streifen konnte ich *nicht* wahrnehmen. Der von Listing a. a. O. durch parallactische Versuche geführte Beweis, dass diese Streifen durch die vordere Fläche der Linse oder die vordere Linsenkapsel verursacht werden, bezieht sich nicht zugleich auf die oben beschriebenen Bogen u. s. w., und sind hierüber erst noch besondere Versuche anzustellen. Ebenso bedarf es noch einer besonderen Entscheidung, ob die von Listing angegebenen, von der Peripherie hereingehenden dunklen Linien mit den oben beschriebenen, bei unmittelbarer Nähe der Oeffnung vor dem Auge eintretenden, die schon kaum noch zu unterscheidenden hellen Strahlen spaltenden dunklen Linien identisch seyen.

15. Die erhaltenen Resultate sind:

- 1) Die beim Beobachten eines entfernten, kleinen leuchtenden Punktes auftretenden Strahlen sind wahrscheinlich Beugungslinien, verursacht durch die Spalten der Linse oder durch die Verzweigung der in die hintere Linsenkapsel eintretenden Adern, vorausgesetzt, dass man annehmen könne, dass sie bei verschiedenen Beobachtern mehr oder weniger vollständig absorbirt sind.
- 2) Die innerhalb der deutlichen Sehweite wahrnehmbaren Bogen u. s. w. sind ebenfalls durch Beugung bedingt. Auf eine nähere Betrachtung dieser und anderer im

Auge eintretender Beugungserscheinungen werden wir in einer folgenden Abhandlung näher eingehen ¹⁾.

(Entworfen in den Monaten März bis Mai 1853; durchgesehen im Nov. 1855.)

V. Ueber die Wirkung eines Eisendrahtbündels auf den elektrischen Strom; von K. W. Knochenhauer.

Das lebhafteste Interesse, mit dem ich die von Hrn. Pogendorff (diese Ann. Bd. 94, S. 289) mitgetheilten Versuche gelesen habe, lenkte zunächst meine Aufmerksamkeit wieder auf die frühere Untersuchungen des Hrn. Dove im Gebiete der Inductionselektricität zurück, in denen mir die Angabe, daß der elektrische Nebenstrom unter dem Einfluß eines Eisendrahtbündels stärkere physiologische Wirkungen äußere, aber weniger Wärme entwickle, stets als unverträglich mit den bisherigen Erfahrungen erschienen war. — Den Apparat stellte ich mir nach dem Muster des Dove'schen her. Auf eine 13 Linien weite und $18\frac{1}{2}$ Zoll lange Glasröhre wurde in 78 Windungen ein $25\frac{1}{2}$ langer etwas über eine halbe Linie starker Kupferdraht, *innere Spirale* (1), gewickelt und mit Schellackfirnis gut überstrichen; die zweite darüber geschobene 21 Linien weite Glasröhre trug in 80 Windungen die 36' lange *äußere Spirale* (1), die Enden beider Spiralen tauchten in mit Quecksilber gefüllte Glasröhren. Der ganze Apparat ruhte

1) In den *Comptes rendus T. XXXVI, p. 144, 1853*, erklärt Trouessart diese sternförmige Form kleiner Gegenstände durch die Projection eines opaken Netzes auf das erweiterte Bild des leuchtenden Punktes.

In den *Comptes rendus v. 2. Mai 1853* leitet Hr. Vallée die Strahlengestalt der Sterne von den auf der Linsenfläche befindlichen dreitheiligen Spalten ab.

auf massiven Glasstäben. Für einen zweiten ähnlichen Apparat hatte die *innere Spirale* (2) in 85 Windungen auf einer nur 12 Linien weiten Glasröhre ebenfalls $25\frac{1}{2}'$ Länge, die *äußere Spirale* (2) auf der 18 Linien weiten Glasröhre $31'$ Länge in 80 Windungen; diesen Apparat setzte ich indess nicht weiter zusammen, da der erstere allein zu allen Untersuchungen genügte, doch gebrauchte ich beide Spiralen bisweilen einzeln, wo längere Drähte benutzt werden sollten. Zum Einschieben in die Glasröhre der inneren Spirale (1) dienten: eine massive Eisenstange von $11\frac{1}{2}$ Linie Durchm. und 16 Zoll Länge; 16 lackirte eiserne Stäbe 15 Zoll lang und $1\frac{1}{2}$ Linie stark; ein Bündel von 1320 eisernen Drähten (Drb. I) von $11\frac{1}{2}$ Zoll Länge und ein zweites Bündel (Drb. II) aus 660 dergleichen eisernen Drähten bei 20 Zoll Länge. Diese Bündel waren so hergestellt, daß aus feinen ausgeglühten Drähten durch Umbindung von je 5 erst eine Decke geflochten und stark überfirnist ward, dann daß diese Decke aufgerollt und durch Umwicklung mit Bindfaden zu einem runden Stabe gestaltet wurde.

Zur Wiederholung von Dove's Versuchen wurde die Batterie aus den Flaschenpaaren (A) + (B) mittelst q' Kupferdraht (K) und durch eine Spirale geschlossen, und die Ladung J derselben nach dem eingeschalteten Funkenmesser so bestimmt, daß der mittelst Handhaben durch den Körper geleitete Nebenstrom der anderen Spirale dem Gefühle nach gleiche Wirkungen hervorbrachte, mochte die Glasröhre im Innern *leer* oder die vorher genannten Drahtbündel (Drb. I, Drb. II), die Eisenstange (Eis.) oder die 16 Stäbe (Eisenst.) in dieselben eingeschoben seyn. Es ergab sich

- 1) als die äußere Spirale den Hauptstrom, die innere den Nebenstrom leitete,

$J =$	39	17	23	80	55
für	leer	Drb. I.	Drb. II.	Eis.	Eisenst.

- 2) als die innere Spirale im Hauptstrom, die äußere im Nebenstrom war,

$J =$	43	19	25	über 80	57
für	leer	Drb. I.	Drb. II.	Eis.	Eisenst.;
wurde noch die Platinspirale <i>B</i> von 32 Zoll Länge und 0,061 Linien Durchm., deren Widerstand 3,4 Mal so groß ist als der des im Luftthermometer befindlichen Platindrahts, in den Hauptstrom eingeschaltet, so war					
$J =$	63	20			
für	leer	Drb. I.			

Diese Resultate stimmen ganz mit den von Dove angegebenen überein, indem die Drahtbündel den physiologischen Effect erhöhen, die Eisenstäbe und noch mehr die massive Eisenstange ihn schwächen.

Für die Beobachtung der im Nebenstrom entwickelten Wärme wurde die Batterie bei demselben Schließungsdraht wie vorher (Hauptdraht) auf $J = 52,0$ geladen; der Hauptstrom ging durch die innere Spirale, den Nebenstrom leitete die äußere; der schließende Draht derselben (Nebendraht) bestand aus dem Luftthermometer und 1' K. Die Beobachtungen waren:

	leer	Drb. I.
Hauptdraht unverändert; Nebendr. unverändert	10,0	9,0
Hauptdraht unverändert; Nebendraht um 14' K. verlängert	6,5	5,6
Hauptdraht unverändert; Nebendraht um Platinspirale <i>B</i> verlängert	5,5	5,0
Hauptdraht um innere Spir. (2) verlängert; Nebendraht unverändert	8,0	10,5
Hauptdraht um innere Spir. (2) verlängert; Nebendraht mit Platinspir. <i>B</i>	5,0	5,2
Hauptdraht um <i>P</i> 1) verlängert; Nebendraht unverändert	5,0	7,2
Hauptdraht um Platinspir. <i>B</i> verlängert; Nebendraht unverändert	2,0	4,6

Von diesen Versuchen kommen die ersten drei mit Dove's Angaben überein, indem nur diese in derselben

- 1) *P* bezeichnet einen Platindraht von derselben Länge und Stärke wie der im Luftthermometer enthaltene.

Verbindungsweise angestellt wurden; die andern zeigen, daß mit vermehrtem Widerstand im Hauptdraht die Wärmewirkung des Nebenstroms durch ein eingeschobenes Drahtbündel gesteigert wird. Die Wärmeentwicklung wächst indeß weder in der Weise, daß dadurch die vermehrte physiologische Wirkung erklärt würde, noch stimmen hierzu die drei ersten Beobachtungen. Es bleibt also eine befriedigende Erklärung der von Dove zuerst entdeckten Thatsache zu suchen.

Drittens verglich ich auch nach Dove's Vorgang die physiologische Wirkung eines zur Spirale gewundenen und eines gleich langen gerade gesteckten Drahtes, wenn von ihren Enden ein Zweigstrom durch den Körper geleitet wird. Ich fand hier die Wirkung der inneren Spirale und eines 24' langen geradlinigen Drahtes ziemlich gleich stark; dagegen waren die Wirkungen beider Spiralen, wenn sie nach einander verbunden den Strom der Batterie leiteten, sehr verschieden, je nachdem der Strom durch beide Spiralen in derselben oder in entgegengesetzter Richtung floß; zu gleichen Wirkungen mußten die Ladungen der Batterie etwa auf $J=20$ und $=50$ gebracht werden. Es mag also wohl Dove den spiralförmigen Draht enger gewunden und dadurch seine Beobachtungen erzielt haben; die näheren Angaben fehlen, so daß sich darüber nicht urtheilen läßt; jedenfalls kann man aber von den Enden eines gleich langen Drahts, je nachdem man ihn auf die eine oder andere Weise formt, ungleiche physiologische Wirkungen im Zweigstrom erhalten.

Nach dieser vorläufigen Wiederholung und Bestätigung der Dove'schen Versuche schritt ich zu vollständigeren Beobachtungsreihen, um die hierher gehörigen Thatsachen genauer kennen zu lernen.

1. Der einfache Schließungsbogen.

a) *Wärmeentwicklung.* Die Batterie, deren Ladung auf $J=52$ gebracht wurde, blieb sammt dem oben angegebenen Schließungsdraht unverändert, nur wurde noch

das Luftthermometer eingeschaltet. Der Strom wurde theils durch die innere, theils durch die äußere, theils hinter einander durch beide gleichlaufend oder conträr verbundene Spiralen durchgeleitet; die Glasröhre war entweder leer oder enthielt die Stäbe und die Drahtbündel. Die Erwärmungen waren:

	leer.	Drb. I.	Drb. II.	Eis.	Eisenst.
innere Spirale:	22,0	2,4	3,5	11,5	7,0
äußere Spirale:	21,2	2,1	3,2	10,5	7,0
beide Spir. gleichlaufend:	16,1 ¹⁾	1,2	1,7	6,0	3,0
beide Spir. conträrlauf.:	19,0	15,7	16,2	18,0	18,0.

Nach diesen Beobachtungen hemmen die Drahtbündel den Batteriestrom in sehr hohem Grade, weniger die Eisenstangen; dasselbe thun aber auch beide Spiralen, wenn sie gleichlaufend verbunden sind. Bei der massiven Eisenstange und den stärkeren Eisenstäben erklärt sich dies leicht durch die in ihnen erregten Nebenströme, bei den Drahtbündeln dagegen sicher nicht so einfach durch den erregten Magnetismus, da sonst die Wirkung der Spiralen auf einander unerklärt bliebe, und die massive Eisenstange durch den in ihr erregten Magnetismus einestheils, anderntheils durch die entstehenden Nebenströme zweifach hemmend einwirken müßte. Den Grund der Erscheinung dürfte wohl nur die veränderte Molecularstellung im Kupferdraht abgeben, die vielleicht durch den erregten Magnetismus, vielleicht durch die sonst veränderte Molecularstellung in den Drahtbündeln veranlaßt wurde. Ob übrigens dem vermehrten Widerstand gemäß die in den Spiralen entwickelte Wärme wächst, oder ob ein Theil der Kraft auf die Veränderung der Molecularstellung absorbiert wird, möchte schwer zu ermitteln seyn.

b) *Spannungsverhältnisse.* Die Batterie und ihr Schließungsdraht, den die innere Spirale in sich enthielt, blieb wie vorher, nur wurde das Luftthermometer entfernt; die

1) Als der Strom nur durch die äußere Spirale ging und in den Schließungsbogen noch die innere Spir. (2) eingeschaltet war, betrug die Erwärmung bei leerer Glasröhre 18,0.

Ladung J betrug 40,0. Mit den Enden der Spirale wurden durch je 2' K. die Kugeln des Funkenmessers verbunden und die Schlagweite in den beiden Fällen beobachtet, wenn die äußere Spirale offen oder wenn sie durch 4' K. geschlossen war. Es ergaben sich folgende Schlagweiten:

	leer.	Drb. I.	Drb. II.	Eis.	Eisenst.
äußere Spir. offen:	28,7	28,7	29,2	23,7	27,2
" " geschlossen:	25,2	25,2	25,7	24,2	25,7.

Waren beide Spiralen gleichlaufend verbunden, so gab die leere Röhre 34,7, waren sie conträr verbunden 27,7. — Der in der äußeren Spirale entstehende Nebenstrom drückt, wie ich dies schon früher kennen gelernt hatte, die Schlagweite des Hauptdrahts herunter; somit ist die Schlagweite bei eingeschobener Eisenstange kleiner und wird durch den neuen Nebenstrom, der die Nebenströme im Eisen verringert, selbst wieder etwas vergrößert; die Wirkung der Eisenstäbe stellt sich so, daß man deutlich sieht, wie sie einestheils die Wirkung der Drahtbündel, anderentheils die Wirkung der massiven Eisenstange ausüben, beides nur in geringerem Grade. — Da es mir nach den späteren Versuchen bedenklich ward, ob nicht die Drahtbündel die Schlagweite vergrößern sollten, und ob hier nicht die Messungen nur wegen des zu sehr gehemmten Stroms ungenau ausgefallen wären, wie sich dies auch in den nicht sicheren Ueberschlägen angedeutet hatte, so wiederholte ich die Beobachtungen später, indem ich noch 4' K. in dem Leitungsdraht einschaltete und die Ladung der Batterie annähernd auf $J=40$ brachte. Die äußere Spirale blieb ungeschlossen. Die Schlagweite war bei leer und Drb. I wiederum gleich, nämlich 27,5. Ich fügte nun $F_1 + F_2$ zur Batterie hinzu, da die Vergrößerung derselben nach meinen früheren Versuchen bei Hindernissen im Leitungsdraht nothwendig ist (s. Beitr. §. 10), und erhielt die Schlagweite bei leer 27,2, bei Drb I 29,2 (doch auch jetzt noch unsicher); die Drahtbündel steigern also wirklich die Schlagweite.

2. Der verzweigte Schließungsbogen.

In den um 4' K. verlängerten Schließungsdraht (s. I. a) wurden zwei Zweige eingeschaltet; Zw. I enthielt die innere Spirale (1), in deren Glasröhre die Einschiebungen stattfanden, $\frac{1}{2}$ ' K. und ein Platindraht P, Zw. II die innere Spirale (2), $\frac{1}{2}$ ' K. und P. Die Beobachtungen erfolgten im Stamm und in beiden Zweigen, worin P durch das Luftthermometer ersetzt wurde.

Glasröhre in Zw. I.	Stamm.	Zw. I.	Zw. II.
leer	18,5	4,5	5,0
mit Drb. I	10,0	0,5 (etwa)	6,7
„ Eis.	13,5	5,2	2,2.

Bei leerer Spirale ist die Stromtheilung durch die beiden gleich langen Zweige gleich, denn die kleine Differenz erklärt sich durch die nicht ganz gleiche Lage der einzelnen Windungen gegen einander; das Drahtbündel dagegen lenkt den Strom von seinem Zweige ab, und die massive Eisenstange zieht ihn darauf hin. Nach den Spannungsverhältnissen im einfachen Schließungsbogen war dießes Resultat zu erwarten, indem das Drahtbündel die äquivalente Länge der Spirale vergrößert, die der Eisenstange verkleinert. — Die Erwärmungen im Stamm und in den Zweigen sind der Art, daß die Quadratwurzel der im Stamm beobachteten Zahl gleich der Summe der Quadratwurzeln der Zahlen in den Zweigen ist; somit genügte die Beobachtung in einem Zweige allein. So entstanden folgende Reihen:

Glasröhre in Zw. I leer.		Stamm.	Zw. II.
Zw. I: inn. Sp. (1) + 2' K.	Zw. II: P + 2' K.	17,8	14,5
„ „ „ + inn. Sp. (2); „ „ „	„ „ „	17,0	15,4.
Glasröhre in Zw. I mit Drb. I.			
Zw. I: inn. Sp. (1) + 2' K.	Zw. II: P + 2' K.	16,2	15,2
Zw. I: inn. Sp. (1) + 2' K.	Zw. II: P + 2' K.		
	+ Platinspir. B	7,7	6,7
Zw. I: inn. Sp. (1) + 2' K.	Zw. II: P + 2' K.		
	+ inn. Spir. (2)	10,0	6,5
Zw. I: inn. Sp. (1) + 2' K.	Zw. II: P + inn.		
	Sp. (2) + äufs. Sp. (2)	7,6	2,5.

Glasröhre in Zw. I. mit Eis.

Stamm. Zw. II.

Zw. I: inn. Sp. (1) + 2' K. Zw. II: P + 2' K. 17,2 13,0
 " " " " + inn. Sp. (2); " " " 16,5 15,0.

Die Vertheilung durch beide Zweige erfolgt in allen Fällen so, wie es die für den elektrischen Strom geltenden Gesetze verlangen; man hat nur die äquivalente Länge von der inneren Spirale (1), wenn sie Drb. I enthält, auf etwas über 100' anzusetzen. Dafs die Zahlen bei Einschlebung der Eisenstange hier fast mit denen bei leerer Spirale übereinkommen, erklärt sich daraus zur Genüge, dafs durch Zw. I ein sehr unbedeutender Stromtheil hindurchgeht, dafs also auch nur sehr schwache Nebenströme entstehen, welche die äquivalente Länge der Spirale wenig alteriren.

3. Der Nebenstrom.

a) *Spannungsverhältnisse.* Die Batterie und ihr Schließungsdraht war wie unter 1 bis 6, auch war wieder die Ladung $J = 40,0$. Die Enden der äufseren Spirale wurden mit den Kugeln des Funkenmessers verbunden. Die Schlagweiten waren:

	29,2	34,7 ¹⁾	34,7	22,2	28,2
für	leer	Drb. I.	Drb. II.	Eis.	Eisenst.

Die Spannungsverhältnisse im Nebendraht sind gerade ebenso wie im Hauptdraht.

b) *Wärmeentwicklung.* Um die Verhältnisse leichter zu überblicken, maafs ich zuerst nur die Wärme im Hauptdraht, der wie in 1. a war; die Ladung der Batterie wurde auf $J = 52,0$ gebracht. Die zweite Spirale blieb einmal offen, also eine Repetition der oben mitgetheilten Beobachtungen, dann wurde sie durch 2' K geschlossen. Diefs gab:

Hauptstrom durch die innere Spirale.

	leer	Drb. I.	Eis.
äufs. Spir. offen	22,5	2,7	11,5
" " geschlossen	23,0	13,5	15,2.

1) Etwas unsicher.

Hauptstrom durch die äufseren Spirale.

	leer	Drb. I.	Eis.
inn. Spir. offen	20,2	2,6	10,5
„ „ geschlossen	20,0	13,4	18,2.

Diese Resultate sind auf den ersten Blick sonderbar; während sonst der Nebenstrom den Hauptstrom schwächt, steigert er hier seine Wirkung und zwar zum Theil in einem sehr bedeutenden Grade. Die Sache erklärt sich indess ganz einfach, wenn man dem Nebenstrom die Richtung beilegt, die ich für ihn aus meinen früheren Versuchen nachgewiesen habe, nämlich im inducirten Draht entgegengesetzt dem Hauptstrom (s. Beitr. §. 30). Da dieser Nebenstrom hier bei der kurzen Verbindung der Spirale durch 2'K einmal stark wird, stärker wenn die äufseren, schwächer wenn die innere Spirale im Hauptdraht ist, und zweitens doch nur wenig Wärme producirt, weil er ganz über Kupferdraht geht, also auch die Wärmeentwicklung auf dem Hauptdraht nur wenig beschränkt, so ist die Wirkung von Haupt- und Nebenstrom zusammen nahe wie von einem einfachen Strom, der beide Spiralen in entgegengesetzter Richtung durchströmt; somit erklärt sich die gleiche oder selbst noch gesteigerte Wärme bei leerer Spirale, somit die Wärme bei eingeschobenem Drahtbündel und Eisenstange, wo zugleich ersichtlich ist, dafs die Wirkung der inneren Spirale auf die äufseren einen dem Hauptstrom nicht ganz gleichen, dagegen die Wirkung der äufseren auf die innere einen nahe gleichen Nebenstrom hervorbringt. — Ganz deutlich werden diese Verhältnisse, wenn man den Hauptstrom und den Nebenstrom zu gleicher Zeit misst. Hierzu wurde bei sonst unveränderten Verhältnissen die den Nebenstrom gebende Spirale durch P+1'K geschlossen.

Hauptstr. durch d. inn. Sp.			Hauptstr. durch d. äufs. Sp.	
Glasröhre	Hptstr.	Nebenstr.	Hptstr.	Nebenstr.
leer	20,5	5,5	14,9	12,0
mit Drb. I.	10,8	7,6	12,8	13,8
mit Eis.	14,2	2,0.	14,7	9,5.

Man ersieht aus diesen Beobachtungen erstens, dafs die

innere Spirale einen schwächeren Nebenstrom erzeugt als die äussere, zweitens dafs beim Drahtbündel die relative Stärke des Nebenstroms gröfser ist als bei leerer Spirale, drittens dafs die Eisenstange die relative Stärke des Nebenstroms vermindert. Für das erste Factum erinnere ich an meine früheren Versuche (Beitr. S. 21), wonach der Hauptstrom in doppelter Länge auf den Nebendraht einwirkend einen doppelt so starken oder der Wärme nach vierfach so grofsen Nebenstrom hervorbringt; die jetzt vorliegenden Versuche vervollständigen den Satz dahin, dafs umgekehrt ein kürzerer, auf einen längeren inducirender Draht einen im Verhältnifs schwächeren Nebenstrom erzeugt. Wir haben hier den Fall, wo einmal $25\frac{1}{2}'$ auf $36'$ und dann wo $36'$ auf $25\frac{1}{2}'$ inducirend einwirken; im letzteren Fall wird der Nebenstrom sogar gröfser als der Hauptstrom. — In Betreff des zweiten Punktes, dafs das Drahtbündel die relative Stärke des Nebenstroms vergrößert, wolle man sich durch die oben angeführten Beobachtungen über die absolute Stärke desselben nicht irre führen lassen; die absolute Stärke kann beim Drahtbündel nur schwächer seyn als bei leerer Spirale, wenn der Hauptstrom über eine gute Leitung verlaufend wenig geschwächt wird; er erzeugt dann einen starken Nebenstrom, während der Hauptstrom durch das Drahtbündel gehemmt zwar immer noch einen relativ gröfseren Nebenstrom hat, der aber mit dem vorigen verglichen an absoluter Stärke geringer ausfällt. Dafs das Drahtbündel hemmt, sieht man deutlich an der verminderten Wärmeentwicklung, wenn man dieselbe im Haupt- und Nebenstrom zusammenrechnet. Nur wenn die äussere Spirale inducirt und einen dem Hauptstrom ziemlich gleich starken, dabei rückläufigen Nebenstrom erzeugt, so fällt die Verringerung der Wärmeentwicklung fort, und die Wirkung des Drahtbündels ist nahe auf Null gebracht. — Dafs drittens der Nebenstrom bei eingeschobener Eisenstange sowohl relativ als absolut kleiner ausfällt als bei leerer Spirale, kann nichts Auffallendes haben, da jeder Draht, welcher schon auf einem anderen hier in dem Eisen

einen Nebenstrom erregt, jedesmal auf einen zweiten Draht schwächer inducirend einwirkt.

4. Der Strom der Nebenbatterie.

Als Nebenbatterie dienten die beiden Flaschen $F_2 + F_3$, die der Hauptbatterie (A) $+$ (B) an Kraft ziemlich gleich sind. Um zunächst die Drahtlänge für das Maximum des Stroms der Nebenbatterie festzusetzen, wurde der Hauptdraht ganz aus Kupferdraht gebildet und seine Länge mit Einfluss der inneren Spirale auf 52',5 K gebracht. Im Nebendraht war die äußere Spirale von 36', dazu 4' K und das Thermometer, also eine Totallänge von 42',0 K; dieser Draht wurde weiter durch Kupferdraht verlängert. Die Ladung J der Hauptbatterie betrug 52,0. Das Thermometer zeigte:

Nebendraht verlängert	leer	Drb. I.	Eis.
um 0	15,0	8,5	9,2
4'	15,0	8,7	9,5
8'	14,8	8,7	9,0.

Das Maximum der Erwärmung fällt hier auf einen Nebendraht von etwa 46 bis 47' Länge und zwar in allen drei Fällen gleich, mag die Glasröhre leer oder das Drahtbündel oder die Eisenstange enthalten. Da diese Länge gegen den Hauptdraht um 5 bis 6' kleiner ist, mir also Bedenken erregte, so verkürzte ich noch den Hauptdraht um 8' K, während der Nebendraht unverändert blieb. Ich erhielt:

Nebendraht verlängert	leer	Drb. I.	Eis.
um 0	14,6	8,7	9,0
4'	14,0	8,4	8,0.

Wirklich liegt das Maximum der Erwärmung schon etwas vor dem nicht verlängerten Nebendraht, bei einem etwa um 5 Fufs kürzeren Drahte als der Hauptdraht. — Hierauf wurde die äußere Spirale in den Hauptdraht genommen und seine Totallänge auf 45',0 gebracht. Die Länge des Nebendrahts betrug incl. Thermometer 33',5 K. Die Beobachtungen lieferten:

Nebendraht verlängert	leer	Drb. I.	Eis.
um $1\frac{1}{2}'$	12,2	6,8	4,4
4'	13,0	7,5	5,0
8'	13,4	7,8	5,6
12'	13,8	8,0	6,5
16'	14,0	8,0	6,7.

Hier fällt das Maximum der Erwärmung auf einen Nebendraht von 49,5 Länge oder noch etwas darüber hinaus, also gerade umgekehrt auf eine Länge des Nebendrahts, die etwa um 5' gröfser ist als die Länge des Hauptdrahts. Nach meinen bisherigen Beobachtungen über den Strom der Nebenbatterie erkläre ich mir die Sache so, dafs die auf einander inducirenden Drähte bei gleich grofsen Batterien einander gleich seyn müssen; ist demnach der Hauptdraht zu lang, so nimmt er aufser der ihm gegenüberstehenden Länge noch so viel vom Nebendrahte hinzu, bis seine Länge erreicht wird; diese Länge kommt aber als nebenliegend nur als halbe Länge in Anrechnung; hier also, wo $10\frac{1}{2}'$ fehlen, kommen vom Nebendraht $10\frac{1}{2}'$ als $5\frac{1}{4}'$ zur Anrechnung; somit wird der Nebendraht auf gewöhnliche Weise gemessen beim Maximum um $5\frac{1}{4}'$ zu lang. Ist umgekehrt von den inducirenden Drähten der im Hauptdraht zu kurz, so werden von ihm noch $10\frac{1}{2}'$ herbeigezogen und diese kommen wieder nur als $5\frac{1}{4}'$ in Anrechnung. — Da die jetzt bestehenden Ansichten meist noch dahin gehen, dafs der Strom der Nebenbatterie nichts anders sey als der in der Nebenbatterie condensirte Nebenstrom, so maafs ich, den Hauptdraht aus Kupferdraht bestehen lassend, im Nebendraht, der nahe die Länge für das Maximum hatte, einmal die Stärke des Stroms der Nebenbatterie, zweitens die Stärke dieses Stroms, wenn sich die Nebenbatterie über die nahe auf die gröfstmögliche Schlagweite gestellten Kugeln eines mit der äufseren und inneren Belegung verbundenen Funkenmessers entladete, drittens den Nebenstrom, der nach ausgelöster Nebenbatterie über denselben, nur um 2' K. verlängerten Nebendraht floss. Als die innere Spirale im Hauptdraht von der Totallänge 44,5 war und die

Länge des Nebendrahts 42,0 betrug, erhielt ich folgende Erwärmungen:

	leer	Drb. I.	Eis.
beim gewöhnl. Strom d.			
Nebenbatt.	15,0	9,0	9,0
bei Entladung d. Neben-			
batt. in einer Schlag-			
weite von	(38,7) 4,0	(32,7) 3,0	(28,7) 3,2
beim Nebenstrom . . .	7,8	8,4	2,5.

Dann als die äußere Spirale im Hauptdraht war, dessen Länge 45,0 betrug, und der Nebendraht eine Länge von 49,5 hatte:

	leer	Drb. I.	Eis.
beim gewöhnl. Strom d.			
Nebenbatt.	13,5	7,5	6,5
bei Entladung d. Neben-			
batt. in einer Schlag-			
weite von	(36,7) 5,2	(30,7) 3,5	(26,7) 4,0
beim Nebenstrom . . .	9,0	10,1	3,2.

Schon nach diesen Beobachtungen ist es unmöglich, daß hier nichts anders vorliegen solle, als eine Ladung der Nebenbatterie durch den Nebenstrom und eine darauf folgende Entladung. Einmal stimmen die Wirkungen der Nebenbatterie in den verschiedenen Fällen nicht mit der Stärke des Nebenstroms überein; man vergleiche nur die Beobachtungen mit dem Drahtbündel und der Eisenstange; dann müßte ferner der Ladungsstrom der Nebenbatterie, der bei der Entladung derselben über den Funkenmesser isolirt hervortreten würde, viel stärker seyn, als er sich in den Beobachtungen zeigt. Beim Drahtbündel namentlich müßte der Ladungsstrom, weil er in der Spirale gegen den Hauptstrom in conträrer Richtung läuft, fast die ganze Stärke des Stroms hergeben, welche die Nebenbatterie erlangt, denn der Entladungsstrom, gleich gerichtet mit dem Hauptstrom oder später einzeln erfolgend, würde so sehr durch das Drahtbündel gehemmt werden, daß er kaum einen bemerkbaren Theil zur beobachteten Erwärmung hinzufügen könnte.

Meine Ansichten über diese Thatsachen mag ich jetzt noch nicht mittheilen, da ich den hier berührten Fall besonders zu studiren bereits begonnen habe, aber mit den erforderlichen Versuchen noch nicht bis zum Schluss gekommen bin; mir genügt es, allein darauf aufmersam zu machen, daß man mit den hergebrachten Ansichten auf keine genügende Erklärung der Thatsachen kommen kann. — Es wurden nun noch die Erwärmungen im Haupt- und im Nebendraht gemessen, und hierzu unter sonst unveränderten Verhältnissen wie bei den beiden letzten Reihen ein Platindraht *P* in den Hauptdraht eingefügt; auch schaltete ich nebenbei die Platinspirale *B* in den Bogen des Funkenmessers ein, um die hierdurch veranlaßten Aenderungen des Hauptstroms anzudeuten.

Innere Spirale im Hauptdraht.						
	leer		Drb. I.		Eis.	
	Hptdr.	Nbdr.	Hptdr.	Nbdr.	Hptdr.	Nbdr.
gewöhnl. Strom	12,7	10,7	7,5	6,5	11,2	6,5
Ueberschlag bei	(34,7)	6,5 3,7	(32,7)	4,0 2,3	(26,7)	8,5 2,7
„ über <i>B</i>	5,0	—	2,7	—	8,0	—
Nebenstrom	18,5	4,2	10,2	6,9	13,5	1,7
Aeußere Spirale im Hauptdraht.						
gewöhnl. Strom	12,6	10,4	4,5	6,2	6,5	5,0
Ueberschlag bei	(34,7)	6,8 4,0	(30,7)	2,7 3,0	(24,7)	7,6 2,2
Nebenstrom	17,0	6,0	9,5	8,2	10,5	2,2

Ich will hier nicht noch einmal auf das Ungenügende der bisherigen Ansichten aufmerksam machen, doch weise ich noch darauf hin, daß der Hauptstrom sinkt, wenn sich die Nebenbatterie über den Funkenmesser entladet, und daß hiervon allein die Beobachtung in der letzten Reihe bei der Eisenstange eine scheinbar wunderliche Ausnahme bildet. Ohne die ganzen Verhältnisse ausführlich zu besprechen, läßt sich das Einzelne nicht leicht erklären. — Die letzte Reihe bietet dagegen die Lösung der ursprünglich aufgestellten Frage, warum unter dem Einfluß eines Drahtbündels der Nebenstrom eine stärkere physiologische Wirkung hervorbringt, während er die absolute Wärmeentwicklung nicht steigert, eher erniedrigt. Nach den Rei-

hen mit leerer Spirale wirken die beiden Batterien wie gleiche, mag der Hauptstrom durch die äussere oder durch die innere Spirale hindurchgehen, und die beim Nebenstrom auftretenden Verhältnisse finden beim Strom der Nebenbatterie keine Anwendung. Da die Längenverhältnisse des Haupt- und Nebendrahts beim Maximum des Stroms auch bei eingeschobenem Drahtbündel unverändert dieselben bleiben, so müssen auch hier noch beide Batterien als gleiche agiren, und demnach muss der Strom der Nebenbatterie geringer seyn als der Strom der Hauptbatterie. Die letzte Reihe macht hiervon eine ganz entschiedene Ausnahme; die Erwärmung im Hauptdraht ist 4,5, im Nebendraht 6,2. Woher diese Verstärkung? Schwerlich wird sich ein anderer Grund auffinden lassen, als dass unter dem Einfluss des Drahtbündels die Art, wie der Strom den Nebendraht erfasst und durchdringt, eine andere ist als bei gewöhnlichen Strömen. Die Molecularstellung muss so seyn, dass sie Hindernisse leichter beseitigt, dass sie also ebenso wohl das Glas der Flaschen stärker ergreift und dadurch eine kräftigere Ladung der Nebenbatterie erzeugt, als dass sie auch den schlechter leitenden Körper lebendiger durchdringt und dadurch stärkere physiologische Wirkungen ausübt. Ganz übereinstimmend hiermit scheinen mir die von Hrn. Poggendorff beschriebenen merkwürdigen Erscheinungen zu seyn, die bei der Unterbrechung des Inductionsstroms durch Isolatoren hervortreten; soviel ich bis jetzt darüber urtheilen kann, wo ich die nöthigen Apparate noch nicht vollendet, also die Thatsachen aus eigener Anschauung kennen zu lernen noch nicht Gelegenheit gehabt habe, werden sich dieselben Erscheinungen mit einem gewöhnlichen elektrischen Strome nicht herstellen lassen, man möge ihn in geringerer oder grösserer Stärke, mit geringerer oder grösserer Schnelligkeit auf die Belegungen des Isolators hinleiten.

VI. *Der elektromagnetische Apparat mit gleichlaufenden Inductionsströmen zweiter Ordnung;*

von *Dr. Friedr. Wilh. Heidenreich,*

practischem Arzt in Ansbach.

Es ist mir gelungen an dem elektromagnetischen Apparate mit Inductionsströmen zweiter Ordnung einen Commutator anzubringen, durch welchen die in entgegengesetzten Richtungen eintretenden (alternirenden) secundären Ströme zu gleich gerichteten umgewechselt werden, so dafs man von jetzt an auch mit diesen secundären Strömen die Magnetnadel bleibend ablenken, chemisch wirken kann u. s. w.¹⁾

Meine Construction dieses Apparates halte ich für etwas Neues, indem meines Wissens selbst an Du Bois-Reymond's und Duchenne's elektromagnetischen Apparaten, welche doch für die neuesten und besten gelten, eine solche Vorrichtung zu gleichlaufenden Strömen zweiter Ordnung sich nicht befindet; desgleichen hat mich die von Poggendorff selbst gelieferte Beschreibung (dessen Annalen Bd. 94, S. 289) des Apparates von Ruhmkorff, der erst im vorigen Jahre von Paris nach Berlin gebracht wurde, belehrt, dafs von einer ähnlichen Construction wie der meinigen noch nirgends die Rede ist.

Es wird durch diese meine Vorrichtung zu gleichlaufenden Strömen der elektromagnetische Apparat dem magnetoelektrischen Rotationsapparate vollkommen ähnlich und jetzt erst, nachdem beide Gattungen von Apparaten gleichlaufende Inductionsströme gewähren, wird eine vergleichende Beurtheilung ihrer Wirkungen möglich, die bisher überall nur sehr dürftig ausgefallen ist und im Allgemeinen dahin geht, dafs die Inductionselektricität der magnetoelek-

1) Das kann man aber bekanntlich auch schon ohne Commutator, wenn man durch Einschaltung einer Luftschicht die Ströme der einen Richtung zurückhält, was freilich voraussetzt, dafs die der anderen hinreichende Intensität besitzen, um die Luftschicht durchbrechen zu können. P.

trischen Apparate gemäß ihrer stärkeren chemischen Wirkung mehr der galvanischen Elektricität der Daniell-, Grove-, Bunsen'schen Elemente und Batterien sich nähert, während die Inductionselektricität der elektromagnetischen Apparate gemäß ihrer stärkeren physiologischen Wirkung der Reibungs- oder Maschinenelektricität näher steht.

Daraus geht auch hervor, daß auch die Ströme der magnetoelektrischen Rotationsapparate, wie sie z. B. an den Eisenbahntelegraphen gebraucht werden, bei weitem mehr dem Leitungswiderstande unterliegen, während die Ströme der elektromagnetischen Apparate denselben (Sin-steden) bei weitem leichter überwinden.

Daß dieses zu technischer Anwendung solcher Apparate von großer Wichtigkeit ist, versteht sich von selbst, besonders wenn von jetzt an durch meine Vorrichtung die secundären elektromagnetischen Inductionsströme als gleichgerichtete gebraucht werden können.

Mein Apparat ist also ein elektromagnetischer, dessen erste Erregung durch ein Zink-Kohlenelement geschieht, und seine Beschreibung folgende.

1. Die Inductionsrolle.

Die Inductionsrolle besteht aus einem ausgebohrten Hohl-cylinder von weichem Eisen, innerhalb dessen noch ein massiver Eisenstab sich befindet, beide mit den seidenumspunnenen Kupferdrähten umwickelt. Sie bildet also eine Art von Romershausen'schen verstärktem Elektromagnet, aber doch nicht ganz so, wie Romershausen dieses (Dingler's polytechnisches Journal, Bd. 120) angegeben hat. Beide, sowohl der Holzcylinder als der massive Stab von Eisen, würden mit dem inducirenden und inducirten Drahte umwickelt auch schon einzeln zur Erregung der secundären Ströme genügen, aber ihre Fernwirkung zur Anziehung der das stromunterbrechende Hammerwerk und den Commutator bewegenden Eisenplatte wäre einzeln nicht

stark genug, so daß hierzu also ein verstärkter Elektromagnet nothwendig wird.

Der Hohlcyylinder hat an seinem oberen Ende ein Paar Ausschnitte, um die Leitungsdrähte für den inneren Eisenstab hindurch zu lassen, und oben und unten mehrere kurze bis an ihre Köpfe eingedrehte Schrauben, um zwischen zwei horizontalen Messingplatten senkrecht gestellt und befestigt werden zu können, ohne durch deren entsprechende Löcher durchzugleiten, und ihn umgiebt am oberen und unteren Ende eine ringförmige hölzerne Scheibe, zwischen welche der dickere kürzere primäre und darüber der dünnere längere secundäre seidenumspinnene Inductionsdraht aufgespult ist.

Der massive Eisenstab, durchaus von gleicher Länge mit dem Hohlcyylinder, ist oben in eine eiserne Platte eingeschraubt und trägt unten eine hölzerne Scheibe, damit er in der Mitte des Hohlcyinders stehen bleibe und dessen innere Wandung nicht berühre, und ist gleichfalls mit seidenumsponnenem Drahte überspult. Er wird in den Hohlcyylinder eingeschoben, jedoch so, daß auch seine Drahtumwicklung die Innenwandung des Hohlcyinders nicht berührt, was die Platte oben und die Scheibe unten vermitteln; er wird mittelst der Eisenplatte, welche die Stelle eines Ankers vertritt, oben an dem Hohlcyylinder befestigt und bildet auf diese Weise einen zweischenkligen Elektromagnet, dessen einer Schenkel sich innerhalb des anderen befindet. Da aber die Umwicklung des massiven Eisenstabes mit seinem Drahte zufällig in einer Richtung geschah, die mit der Umwicklung der äußeren Fläche des Hohlcyinders eine gleiche ist, die Induction entgegengesetzter magnetischer Polarität aber auch eine entgegengesetzte Richtung dieser Umwicklung fordert, so mußte nun der elektrische Strom diesem Gegensatze entsprechend in einer der äußeren Umwicklung entgegengesetzten Richtung geleitet werden.

Die also construirte Inductionsrolle befindet sich auf einem hölzernen Brettchen, welches dem Gestelle zur Unterlage und Befestigung dient, zwischen zwei horizontalen

Messingplatten, die von vier senkrechten messingenen Stäben mittelst Schrauben getragen werden und in ihrer Mitte ein rundes Löch haben, um den Eisencylinder bis an die oben bezeichneten Schraubenköpfe aufzunehmen.

Auf dem Brettchen befinden sich nun noch verschiedene Klemmschrauben, mit welchen die Leitungsdrähte der inducirenden Umwicklung des Hohlcyinders in Verbindung gesetzt und dadurch mit dem erregenden elektrischen Elemente leitend verbunden werden, der inducirende Strom des inneren massiven Eisenstabes wird in einer dieser entgegengesetzten Richtung geleitet und die Enden des inducirten Drahtes stehen mit den Silberstreifen des Commutators in Verbindung.

2. Die Stromunterbrechung.

Die Stromunterbrechung geschieht durch das Wagner-Neeff'sche Hammerwerk, welches hier unterhalb der Inductionsrolle angebracht ist, weshalb diese letztere durch die Messingstäbe und Platten des Gestelles um $2\frac{1}{2}$ Zoll über dem Brettchen in der Höhe befestigt wurde.

Auf einer in der Mitte des Brettchens festgeschraubten Messingplatte von ziemlicher Stärke befindet sich, neben einer Klemmschraube zur Einmündung von Leitungsdrähten, eine senkrecht stehende Feder von Neusilber; diese trägt ein horizontales messingenes Stäbchen und dieses an seinem von der Feder an hinteren, kürzeren Ende eine unter die Inductionsrolle zu stehen kommende runde Eisenplatte, am vorderen längeren Ende ein konisch zulaufendes mit der abgestumpften Spitze noch aufwärts gerichtetes und an letzterer mit Platindecke versehenes Hämmerchen.

Oberhalb dieses Hämmerchens, an einem kleinen von zwei senkrecht stehenden Messingstäben getragenen horizontal liegenden Brettchen, befindet sich an einer starken Messingplatte nebst Klemmschraube zur Aufnahme von Leitungsdrähten eine durch eine Stellschraube zu regulierende messingene Feder, gegen welche das Hämmerchen anschlägt,

und die Stelle derselben, welche gerade als Amboss dient, ist gleichfalls mit Platin belegt.

Die Leitungsdrähte sind so geführt, daß wenn das Hämmerchen an die als Amboss dienende Messingfeder anschlägt, der primäre Strom geschlossen und der Elektromagnet der Inductionsrolle inducirt, d. h. in magnetischen Zustand versetzt wird. Dieser zieht nun die unter ihm befindliche Eisenplatte an, d. h. gegen sich hinauf, wodurch das Hämmerchen jenseits der Enden herabgezogen und die Kette geöffnet wird. Dadurch aber wird die Inductionsrolle oder eben ihre Elektromagnete entmagnetisirt, die ziemlich schwere Eisenplatte sinkt herab und drängt jenseits der Feder das Hämmerchen wieder in die Höhe an seinen Amboss, wodurch der Strom abermals geschlossen wird, die magnetisirte Inductionsrolle die Eisenplatte wieder anzieht u. s. w.

Bis-hier ist nun alles so ziemlich bekannt und das Vorgetragene, aufser der Anwendung des verstärkten Elektromagnets zur Inductionsrolle, gerade nichts Neues. Etwas wirklich Neues glaube ich durch meinen Commutator geleistet zu haben.

3. Der Commutator.

Dieser Commutator befindet sich an einer Verlängerung des horizontalen Messingstäbchens, welches die runde Eisenplatte und das Hämmerchen trägt, ist also unmittelbar mit der Stromunterbrechungsvorrichtung verbunden und wird zugleich mit derselben und durch dieselbe bewegt.

An diese Verlängerung des Messingstäbchens über das Hämmerchen hinaus ist ein halbkreisartig gebogener Messingdraht angelöthet und festgeschraubt, und an die beiden Enden dieser ungefähr gabelförmigen Biegung dieses Drahtes ist ein kleines horizontal zu stehen kommendes Brettchen von Buchsbaumholz festgeschraubt, welches die Commutatorvorrichtung trägt.

In dieses Brettchen sind zwei parallele sich nicht berührende Silberstreifen eingelassen und mit der etwas hau-

chig gewölbten Oberfläche des Brettchens ganz glatt und eben abgeschliffen, so daß die gabelförmigen Zinken der sogleich zu beschreibenden Federn leicht von dem Holze auf das Silber über und eben so leicht wieder von dem Silber auf das Holz zurückgleiten können.

Vor diesem Brettchen stehen etwas entfernt von einander zwei senkrechte Federn von hartgeschlagenem Silber, jede mit zwei gabelförmigen am Ende etwas abgerundeten Armen oder Zinken von ungleicher, je dem oberen und unteren Silberstreifen des Brettchens entsprechender Länge, welche sich an das Brettchen mit seinen Silberstreifen anlegen, und diese Zinken sind so eingestellt, daß bei der Bewegung des Brettchens auf und nieder, die zugleich mit der des Hämmerchens geschieht, je eine Zinke der entgegengesetzten Feder denselben Silberstreifen berührt, wenn die Zinke der andern Feder ihn verläßt. Oder nochmals und umständlicher: wenn der längere Arm der rechtsstehenden Feder (bei Abwärtsbewegung des Brettchens) nach oben zu abgleitend, den oberen Silberstreifen verläßt, wird dieser selbe Streifen vom längeren Arme der linksstehenden Feder von unten hinaufgleitend berührt; zu gleicher Zeit wird aber, wenn der kürzere Arm der linksstehenden Feder den unteren Silberstreifen nach oben zu verläßt, dieser untere Streifen vom kürzeren Arme der rechtsstehenden Feder berührt.

Es ist dabei auch dem Kosen'schen Verfahren Rechnung getragen, und die Einrichtung getroffen, daß immer zwei Arme oder Zinken entgegengesetzter Federn den zweiten Streifen einen Augenblick berührt haben müssen, ehe die andern beiden Zinken den ersten verlassen.

Die horizontalen Fortsetzungen dieser Federn auf dem Brettchen stehen abermals mit Klemmschrauben in Verbindung, durch welche nun die vom Commutator umgewechselten Ströme weiter geleitet und nach Erforderniß oder Belieben verwendet werden können.

Werden nun die Enden des längeren dünneren inducirten Drahtes der Inductionsrolle mit den Oehren an den

Silberstreifen des Commutators und die Enden des Drahtes für den primären Strom mit dem erregenden elektrischen Elemente verbunden, so tritt der ganze Apparat in Wirksamkeit.

Da nun die inducirten secundären Ströme des Apparats durch die Schließung und Oeffnung des primären Stromes erzeugt werden, aber in entgegengesetzten Richtungen als Schließungs- und Oeffnungs-Inductionsstrom alternirend eintreten, der Commutator aber wieder zugleich mit dem Hammerwerke, welches die Schließung und Oeffnung des primären Stromes, also auch die Erzeugung der secundären vermittelt, bewegt wird, so fällt die Bewegung des Commutators mit der Erzeugung der secundären Ströme zusammen, — da aber nun wieder in diesem Momente der Stromwechsel durch den Commutator geschieht, so müssen die alternirenden secundären Inductionsströme zu gleichlaufenden umgewandelt werden, mit welchen man die Magnetnadel bleibend ablenken, Wasser zersetzen, überhaupt chemisch wirken kann u. s. w., und dieses haben auch die angestellten Versuche zur Genüge bestätigt.

Zur Erregung des primären elektrischen Stroms dient mir ein einfaches ziemlich kleines Bunsen'sches Zink-Kohlenelement, die Kohle mit Salpetersäure getränkt, in innerem Glase stehend, von verdünnter Schwefelsäure umgeben, 1 Theil Säure auf 7 Theile Wasser; in die Thonzelle um das Zink kommt 1 Theil Schwefelsäure auf 15 Theile Wasser.

Da aber der primäre Draht gegen 55 bayerische Ellen (à 85 Centimeter) und der secundäre über 425 dergleichen Ellen lang ist, so giebt diess einen so gewaltigen Inductionsstrom, daß die physiologischen Erscheinungen zu stark hervortreten und der mit ihnen verbundene Schmerz unerträglich wird.

Ich gebrauche daher das Zink-Kohlenelement nur zu physikalischen und chemischen Versuchen, und zu physiologischen Experimenten nur eine kleine Kohlenrolle von nicht ganz 3 Zoll Höhe und $1\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser, mit Sal-

petersäure getränkt und oben und unten zur Isolirung des Zinkes mit etwas Bindfaden umwickelt, worüber ein Hohlcylinder von Zinkblech geschoben wird. Eine gesättigte Lösung von Kochsalz als erregende Flüssigkeit, nur ein Paar Linien hoch zugegossen, ist hinreichend, um den Apparat für physiologische und therapeutische Zwecke in Wirksamkeit zu versetzen.

Ich habe nun mit anderen elektrischen Apparaten im Verhältniß zum meinigen vergleichende Versuche unternommen und zwar die Wirkungen eines einfachen Bunsen'schen Elementes, eines elektromagnetischen Heller'schen Apparates mit alternirenden Inductionsströmen zweiter Ordnung, eines elektromagnetischen Heller'schen Apparates mit gleichlaufenden Inductionsströmen erster Ordnung und eines magnetoelektrischen Stöhrer'schen Rotationsapparates der Wirkung meines Apparates gegenübergestellt.

Es ergab sich, daß mein Apparat weniger stark chemisch wirkte als der Stöhrer'sche und das einfache Zinkkohlenelement, aber bei weitem stärker physiologisch als beide. Der Reihenfolge nach wirkten am stärksten chemisch der Stöhrer'sche Apparat, dann das Bunsen'sche einfache Element, dann mein Apparat, dann der Heller'sche zweite, indem mit dem Heller'schen ersten Apparate bei alternirenden Strömen von eigentlicher chemischer Wirkung keine Rede seyn kann.

Zu meinen physikalisch-chemischen Versuchen genügte mir die Stärke meines Apparates mit dem Bunsen'schen Elemente, zur therapeutischen Anwendung und zu physiologischen Experimenten mit dem schwächeren Elemente der Kohlenrolle und dem Salzwasser. Wollte man aber zu technischen Zwecken z. B. zum Telegraphen solche Apparate gebrauchen, so könnte man zwei derartige Inductionsrollen nehmen, welche in entgegengesetzter Richtung aufgewickelt sind, die beiden primären Leitungsdrähte gesondert führen, von den beiden secundären Drähten das Ende der ersten Rolle mit dem Anfange der zweiten und den

Anfang der ersten und das Ende der zweiten mit dem Silberstreifen des Commutators verbinden und das Hammerwerk zur Stromunterbrechung in der Art construiren, daß immer die Oeffnung des einen primären Stromes den andern schließt und umgekehrt, und würde jetzt sogar continuirliche gleichlaufende Ströme von eminenter Intensität erhalten.

VII. Ueber die diamagnetische Wirkung; von F. Reich.

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus den Berichten der K. Sächs. Gesellsch. der Wissenschaften.)

Es besteht immer noch eine Discussion darüber, ob die Abstossung, die ein Magnetpol auf einen diamagnetischen Körper ausübt, die Folge einer in diesem hervorgerufenen Polarität sey, oder nicht. Kürzlich hat Hr. Tyndall ¹⁾ eine Entscheidung darüber auf die Bemerkung gegründet, daß die diamagnetische Abstossung im einfachen Verhältnisse der Stromstärke wachsen müsse, wenn sie eine Wirkung des Magnetpoles auf die unveränderte Substanz des diamagnetischen Körpers wäre, — dahingegen im quadratischen Verhältnisse der Stromstärke, wenn sie in Folge einer durch Influenz hervorgerufenen magnetischen Polarität stattfände, gerade wie die Wirkung eines Magneten auf einen anderen, durch ihn nicht veränderten, der Intensität des Magnetismus einfach, dagegen die Wirkung eines Magneten auf ein unmagnetisches Stück weiches Eisen dem Quadrat der magnetischen Intensität proportional ist. — Durch theils eigene, theils früher von E. Becquerel angestellte Versuche zeigt Hr. Tyndall, daß die diamagnetische Abstossung wie das Quadrat der Magnetstärke wächst,

1) *Philos. Mag.* 1855. *Sept. Vol. X, p. 153.* (Eine Arbeit, die, sobald es der Raum gestattet, den *Annal.* einverleibt werden soll. P.)

was ein neuer Beweis für die Polarität eines diamagnetischen Körpers ist.

Es würde mir nicht begegungen seyn, diese Versuche einer bestätigenden Wiederholung zu unterwerfen, wäre ich nicht von Hrn. Matteucci aufgefordert worden, es mit Hülfe der zu Bestimmung der Dichtigkeit der Erde construirten Torsionswaage zu thun, und da die Versuche einmal angestellt worden sind, hoffe ich, das ihre Veröffentlichung nicht ganz ohne Interesse erscheinen werde.

An dem Arme der Torsionswaage hängt an einem Ende eine Wismuthkugel von 484,15 Gramm, umgeben von einem cylindrischen, hölzernen, außen und innen mit Stanniol bekleideten Gehäuse. In dem Niveau des Mittelpunktes dieser Kugel wurde der Magnet von bestimmter Stärke bis auf eine bestimmte Entfernung genähert und die dadurch bewirkte Abstossung beobachtet. Der Arm der Torsionswaage blieb dabei immer im Schwingen, was zu Anfang beliebig durch die Attraction einer Bleimasse oder durch die diamagnetische Einwirkung selbst hervorgerufen wurde.

Aus den Versuchen über die Dichtigkeit der Erde ist bekannt, das die schwingende Torsionswaage niemals längere Zeit dieselbe Ruhelage unverändert beibehält, wenn auch alle äusseren Einflüsse, soweit bekannt, unverändert bleiben. Diese Aenderungen sind zwar gering, aber doch bei diesen Versuchen die Genauigkeit der Resultate wesentlich beeinträchtigend. Andere störende Einflüsse werden sich aus der Darstellung der Versuche selbst ergeben.

Erster Versuch. Drei quadratische Magnetstäbe von 496^{mm} Länge und 8,6^{mm} Dicke, mit Nr. 4, 5 und 6 bezeichnet, liess man zu Messung ihrer Intensität auf eine Compassnadel aus 0,5^m Entfernung von deren Gehäuse wirken, und fand die Ablenkung durch Nr. 4 allein 9° 45', durch Nr. 4 und 5 vereinigt 18° 30', durch Nr. 4, 5 und 6 vereinigt 23° 54'; also das Verhältniss ihrer Intensitäten wie 1:1,9472:2,5789, und das Verhältniss der Quadrate derselben wie 1:3,7917:6,6508.

In derselben Reihelfolge wurden diese Stäbe so weit als möglich, d. h. bis zur Berührung mit dem Gehäuse der Torsionswaage, der Wismuthkugel genähert, und beobachtete man

die Ruhelage ohne Magnet bei	59,200
mit Nr. 4	55,550
" " 4 u. 5	48,750
" " 4, 5 u. 6	42,425
" " 4 u. 5	48,075
" " 4	54,575
ohne Magnet	57,500.

Man sieht hieraus, wie sich die Ruhelage des Armes nicht unbeträchtlich verändert hat, indessen auch, daß diese Veränderung ziemlich der Zeit proportional gewesen ist. Nimmt man daher das Mittel, so erhält man

die Ruhelage ohne Magnet bei	58,3500
mit Nr. 4	55,0625
" " 4 u. 5	48,4125
" " 4, 5 u. 6	42,4250

und es ergibt sich die Abstofsung durch Magnet

Nr. 4	zu	3,2875 Scalentheile	=	0,3840 ^{mm}	=	1
" 4 u. 5	"	9,9375	"	=	1,1608 ^{mm}	= 3,0228
" 4, 5 u. 6	"	15,9250	"	=	1,8601 ^{mm}	= 4,8441.

Das Verhältniß dieser Abstofsungen zeigt entschieden, daß sie schneller wachsen als im einfachen Verhältnisse der angewendeten magnetischen Kräfte, allein es ist noch weit entfernt davon, dem Verhältnisse der Quadrate dieser Kräfte gleich zu seyn. Die Hauptursache dieser Abweichung liegt darin, daß die Entfernung der Wismuthkugel vom Magnetpole mit der Abstofsung wuchs, und diese Zunahme der Entfernung einen sehr beträchtlichen Einfluß ausüben mußte, einmal, weil die ganze Entfernung nur gering war, und dann weil, bei Zugrundelegung der Ansicht von einer in der Wismuthkugel erregten Polarität, die Abstofsung durch denselben Magnetpol sich umgekehrt wie die vierte Potenz der Entfernung verhalten muß. Nennt man daher *C* die Entfernung des Mittelpunktes der Absto-

fsung in der Wismuthkugel von dem Orte des Magnetpoles bei der Ruhelage ohne Magnet, so ist dieselbe bei Nr. 4 $C + 0,3840$, bei Nr. 4 und 5 $C + 1,1608$ und bei Nr. 4, 5 und 6 $C + 1,8601$, es verhalten sich daher die abstofsenden Kräfte wie

$$\frac{1}{(C+0,3840)^4} : \frac{3,7917}{(C+1,1608)^4} : \frac{6,6508}{(C+1,8601)^4}.$$

Durch Gleichsetzung dieses Verhältnisses mit dem der gefundenen Abstofsungen liefse sich das direct nicht zu messende C bestimmen; es sind aber dazu die Beobachtungen nicht von hinreichender Genauigkeit. Auch ist bei der geringen Entfernung des Magnetpoles von der Wismuthkugel die seitliche Lage und daher nicht unbedeutend schiefe Wirkung zweier Magnete bei Anwendung von dreien von merklichem Einflusse.

Zweiter Versuch. Es erhellt aus dem vorigen Versuche, dafs es zweckmäfsiger ist, die Magnete aus einer gröfseren Entfernung wirken zu lassen. Um dabei aber eine hinlänglich grofse Abstofsung zu erhalten, mufste die Intensität der Magnete beträchtlich vermehrt werden. Es wurden deshalb 32 ganz ähnliche Magnetstäbe, wie die vorher erwähnten, angewendet. Sie waren mit fortlaufender Nummer bezeichnet und lagen, wenn sie sämmtlich wirkten, in 4 horizontalen Reihen zu je 8 Stäben, so dafs Nr. 1 bis 8 den ersten, Nr. 9 bis 16 den zweiten u. s. w. Quartanten der Stirnfläche bildeten, und der Mittelpunkt der letzteren in der durch die Mitte der Wismuthkugel senkrecht auf die Richtung des Armes der Drehwaage gelegten Horizontallinie 50 Millimeter entfernt vom Gehäuse lag. In derselben Anordnung bestimmte ich ihre Intensität durch Ablenkung einer Compafsnael aus 1 Meter Entfernung von deren Gehäuse, und erhielt von

Nr. 1 bis 8	eine Ablenk. von $11^{\circ} 3'$, also die Intens. 1
„ 1 „ 16	„ „ „ „ „ $15^{\circ} 45'$, „ „ „ „ „ 1,4442
„ 1 „ 24	„ „ „ „ „ $21^{\circ} 42'$, „ „ „ „ „ 2,0378
„ 1 „ 32	„ „ „ „ „ $27^{\circ} 3'$, „ „ „ „ „ 2,6148.

Das Verhältniß der Quadrate dieser Intensitäten ist daher
 $= 1 : 2,0857 : 4,1525 : 6,8369$. Beobachtet wurde die Ruhelage der Torsionswaage

ohne Magnet	anfangs bei	57,875	Mittel	58,9000
	zuletzt	59,925		
durch Nr. 1 bis 8	zuerst	55,125	"	55,7250
	nachher	56,325		
" " 1 " 16	zuerst	51,975	"	51,9875
	nachher	52,900		
" " 1 " 24	zuerst	46,300	"	46,5125
	nachher	46,725		
" " 1 " 32	zuerst	39,625	"	39,5725
	nachher	39,525		

Man erhält somit die Abstofsung durch

Nr. 1 bis 8	3,1750	Scalentheile	$= 0,3709^{\text{mm}} = 1$
" 1 " 16	6,9125	"	$= 0,8074 = 2,1772$
" 1 " 24	12,3875	"	$= 1,4470 = 3,9016$
" 1 " 32	19,3250	"	$= 2,2573 = 6,0866$

Dieses Verhältniß der Abstofsungen weicht von dem der Quadrate der Magnetstärken nicht mehr ab, als sich aus der zunehmenden Entfernung erklären läßt, denn nimmt man für C den nicht unwahrscheinlichen Werth von 70^{mm} an, so erhält man das Verhältniß der abstofsenden Kräfte zu

$$\frac{1}{70,3709^4} : \frac{2,0857}{70,8074^4} : \frac{4,1525}{71,4470^4} : \frac{6,8369}{72,2573^4} = 1 : 2,0347 : 3,9080 : 6,1504$$

was von dem Verhältnisse der beobachteten Abstofsungen nicht mehr abweicht, als die unvermeidlichen Beobachtungsfehler füglich zulassen.

Dritter Versuch. Da die Anwendung eines Elektromagneten genauere Resultate erwarten liefs, weil bei demselben bei ganz unveränderter Lage und Gröfse die Intensität des Magnetismus sich verändern und zu gleicher Zeit messen läßt, so legte ich einen 32^{mm} dicken und 440^{mm} langen, runden Eisenstab, in der Mitte von einer Spirale aus dickem Kupferdraht umgeben, horizontal neben die Wismuthkugel, so dafs sein genähertes Ende 67^{mm} von dem Gehäuse der Torsionswaage entfernt war, und liefs den

Strom von 1 bis 4 Daniell'schen Elementen durch die Spirale gehen. In die Kette war eine Tangentenbussole eingeschaltet, und von zwei festen Punkten der Kette aus wurde ein Zweigstrom durch den Multiplicator einer Sinusbussole geleitet. Die Tangentenbussole war nur in einzelne Grade getheilt und erlaubte daher keine sehr genaue Messung der Stromstärke. Die Sinusbussole, von Oertling in Berlin angefertigt, ist ein sehr vollkommenes Instrument und gestattete eine sichere Beobachtung der Ablenkung der Nadel bis auf einzelne Minuten. Es zeigte sich indessen, daß dieselbe, wenn die Kette geöffnet wurde, nicht wieder genau sich auf Null einstellte, was eine Folge ihrer Construction ist und der Genauigkeit ihrer Angaben nicht unbedeutenden Abbruch thut. Die Beobachtungen gaben:

	Ruhelage.	Tangentenbussole.	Sinusbussole.
Ohne Strom	83,300	0°,0	0° 0'
1 Element	80,650	16 ,1	2 41
2 Elemente	75,575	25 ,5	4 30
3 "	71,175	32 ,5	5 52
4 "	67,625		
	67,650	36 ,4	6 51
3 "	72,100	31 ,6	5 46
2 "	76,625	25 ,2	4 31
1 Element	80,775	15 ,7	2 43
Ohne Strom	82,975	0 ,0	0 10

Man hat daher im Mittel:

Anzahl der Ele- mente.	Ruhe- lage.	Abstufung.			Stromstärke.			
					Tangentenbussole.		Sinusbussole.	
		Scalen- theile.	Millime- ter.	Verhält- nifs.	Ablenkung		Ablenkung	
					beob.	corr.	beob.	Verhältnifs
							Quadr.	einfach
0	83,1375	0	0	0	0,0	0,0	0	0
1	80,7125	2,4250	0,2833	1	15,9	15,9	1	1
2	76,1000	7,0375	0,8220	2,9020	25,35	25,35	2,8031	1,6900
3	71,6375	11,5000	1,3433	4,7423	32,05	32,05	4,8953	2,1881
4	67,6375	15,5000	1,8105	6,3919	36,4	36,4	6,7883	2,5809

Vierter Versuch. An der Anordnung wurde weiter nichts verändert, als das Tangenten- und Sinusbussole in ein anderes Zimmer versetzt wurden, um jede Einwirkung des Elektromagneten auf ihren Stand zu vermeiden. Hr. Schieds- wardein Fritzsche hatte die Güte, bei den Beobachtungen mir seine Hülfe zu leihen.

Beobachtet wurde:

	Ruhelage.	Tangentenbussole.	Sinusbussole.
Ohne Strom	84,275	0°,0	0° 0'
1 Element	80,825	13 ,0	2 46
2 Elemente	75,500	21 ,9	4 20
3 "	70,250	27 ,8	5 38
4 "	66,225		
	66,350	31 ,6	6 30
3 "	70,875	26 ,6	5 18
2 "	75,450	19 ,6	4 0
1 Element	79,075	12 ,0	2 38
Ohne Strom	81,575	0 ,1	0 30

Daher im Mittel:

Anzahl der Ele- mente.	Ruhe- lage.	Abstofsung.			Tangentenbussole.				Stromstärke.			
		Scalen- theile.	Milli- meter.	Verhält- nifs.	Ablenkung		Verhältnifs		Ablenkung		Sinusbussole.	
					beob.	corr.	einfach	Quadr.	beob.	corr.	einfach	Verhältnifs Quadr.
0	82,9250	0	0	0	0°,05	0°	0	0	0° 15'	0° 0'	0	0
1	79,9500	2,9750	0,3475	1	12,5	12,45	1	1	2 42	2 27	1	1
2	75,4750	7,4500	0,8702	2,5042	20,75	20,7	1,7115	2,9293	4 10	3 55	1,5979	2,5532
3	70,5625	12,3625	1,4440	4,1555	27,2	27,15	2,3228	5,3957	5 28	5 13	2,1337	4,5950
4	66,2875	16,6375	1,9434	5,5924	31,6	31,55	2,7811	7,7343	6 30	6 15	2,5467	6,4859

Fünfter Versuch. Der durch die Sinusbusssole geleitete Strom wurde von zwei weiter von einander entfernten Punkten der Kette abgezweigt, um grössere Ablenkungen zu erhalten. Es ergab sich aber, daß die Entfernung der Punkte, von welchen der Zweigstrom abgeleitet wurde, zu groß war, um die größeren Stromstärken mit der Sinusbusssole beobachten zu können. Auch bei diesem Versuche wurde ich wieder durch Hrn. Schiedswarden Fritzsche unterstützt. Wir erhielten

	Ruhelage.	Tangentenbusssole.	Sinusbusssole.
Ohne Strom	84,975	0° 0	0° 0'
1 Element	82,850	13 ,0	24 44
2 Elemente	78,225	20 ,8	49 30
3 "	73,775	26 ,0	nicht zu beobach.
4 "	68,8125	30 ,2	ebenso
3 "	73,725	24 ,9	79° 24'
2 "	78,525	19 ,2	45 26
1 Element	82,475	11 ,8	24 9
Ohne Strom	84,700	0 ,8	0 20

Also im Mittel:

Anzahl der Ele- mente.	Ruhe- lage.	Abstoßung.			Stromstärke.				Sinnbussole.			
		Scalen- theile.	Milli- meter.	Verhält- niß.	Tangentenbussole.		Verhältniß.		Ablenkung.		Verhältniß.	
					Ablenkung		einfach		beob.		einfach	
					beob.	corr.		Quadr.		corr.		Quadr.
0	84,8375	0	0	0	0°,4	0°,0	0	0	0° 10'	0° 0'	0	0
1	82,6625	2,1750	0,2541	1	12,4	12,0	1	1	24 26,5	24 16,5	1	1
2	78,3750	6,4625	0,7549	2,9713	20,0	19,6	1,6752	2,8064	47 33	47 23	1,7900	3,2041
3	73,7500	11,0675	1,2951	5,0977	25,05	24,65	2,1988	4,8347	79 14	79 4	2,3896	5,7101
4	68,8125	16,0250	1,8717	7,3678	29,8	29,4	2,6944	7,2596	—	—	—	—

Sechster Versuch. Die Entfernung der Punkte der Kette, von welchen der Strom der Sinusbusssole abgezweigt wurde, war geringer, als beim fünften, aber immer noch bedeutend gröfser, als beim dritten und vierten Versuche. Beobachtet wurde:

	Ruhelage.	Tangentenbusssole.	Sinusbusssole.
Ohne Strom	80,1625	0°,0	0° 0'
1 Element	77,100	11 ,6	15 10
2 Elemente	72,300	20 ,0	27 17
3 "	67,925	25 ,0	36 18
4 "	64,275	28 ,2	42 52
3 "	69,800	23 ,3	33 28
2 "	93,775	18 ,3	25 9
1 Element	76,675	11 ,0	14 45
Ohne Strom	78,225	0 ,0	0 10

Im Mittel daher:

Anzahl der Ele- mente.	Ruhe- lage.	Abstufung.			Tangentenbussole.				Stromstärke.			
					Ablenkung		Verhältnis		Ablenkung		Verhältnis	
		Scalen- theile.	Milli- meter.	Verhält- niss.	beob.	corr.	einfach	Quadr.	beob.	corr.	einfach	Quadr.
0	79,1937	0	0	0	0° 0	0° 0	0	0	0° 5'	0° 0'	0	0
1	76,8825	2,3112	0,2700	1	11 3	11 3	1	1	14 57,5	14 52,5	1	1
2	78,0375	6,1562	0,7191	2,6636	19 15	19 15	1,7378	3,0202	26 13	26 8	1,7118	2,9439
3	68,8625	10,3312	1,2067	4,4700	24 15	24 15	2,2439	5,0350	34 53	34 48	2,2232	4,9425
4	64,2750	14,9187	1,7426	6,4550	28 2	28 2	2,6834	7,2006	42 52	42 47	2,6459	7,0007

Die Beobachtungen zeigen sämmtlich, daß die Abstofsungen in weit größerem Verhältnisse als die Stromstärken wachsen, und ihr Verhältniß nicht viel von dem des Quadrates der letzteren entfernt ist, dasselbe jedoch im Durchschnitt nicht ganz erreicht, was sich aus der mit der Abstofsung wachsenden Entfernung erklärt, so daß man wohl anzunehmen berechtigt ist, die diamagnetische Abstofsung verhalte sich wie das Quadrat der sie hervorbringenden Magnetintensitäten, und sey daher die Folge einer durch Influenz in dem diamagnetischen Körper hervorgerufenen magnetischen Polarität.

VIII. Ueber den Völknerit (Hydrotalkit) von Snarum; von C. Rammelsberg.

Hochstetter beschrieb und untersuchte zuerst ¹⁾ als *Hydrotalkit* ein Mineral von Snarum in Norwegen, welches mit dem Talk eine gewisse Aehnlichkeit besitzt, weiß, blättrig, perlmutterglänzend, durchscheinend, biegsam, sich fettig anführend. Er fand darin Talkerde, Thonerde, Eisenoxyd, Kohlensäure und Wasser, aber keine Kieselsäure, und gab ihm auf G. Rose's Vorschlag die Formel $(3\text{Mg}^2\text{C} + 2\text{Mg}^3\text{Al}) + 24\text{aq.}$

Später fand Hermann ²⁾ in dem Talkschiefer der Schischimskaja Gora am Ural, welcher Chlorit (Leuchtenbergit), Talkapatit, Xanthophyllit, Chlorospinell, Perowskit und Hydrargillit führt, als Seltenheit ein neues Mineral, welches er *Völknerit* genannt hat. Dasselbe erscheint als ein Aggregat weißer, perlmutterglänzender Blättchen, welche mit Krystallen von Magneteisen gemengt sind, und bildet zuweilen selbst kurze reguläre sechsseitige Prismen mit gerader

1) Journ. für pract. Chem. Bd. 27, S. 376.

2) A. a. O. Bd. 40, S. 12.

Endfläche, nach welcher sie sehr vollkommen spaltbar sind. Das Mineral ist wenig biegsam und zerspringt leicht nach den Spaltungsrichtungen; sein spec. Gew. ist $\approx 2,04$. Hermann fand darin dieselben Bestandtheile, wie Hochstetter im Hydrotalkit, jedoch kein Eisen. Indem er die Kohlensäure als unwesentlich und erst aus der Luft angezogen in Abzug brachte, (das Mineral zeigt mit Säuren ein ungleichmäßiges Brausen), gab er die Formel $Mg^6 Al + 15 aq$ oder $6MgH^2 + AlH^3$, welche eine Verbindung von Magnesiahydrat und Thonerdehydrat (Hydrargillit) darstellt.

Später hat Hermann die Ansicht ausgesprochen ¹⁾, beide Mineralien seien identisch, nur habe der Hydrotalkit bereits mehr Kohlensäure aufgenommen, und für jedes Atom derselben 3 At. Wasser verloren.

Durch Hrn. Dr. Krantz in Bonn erhielt ich eine größere Menge reinen weissen Hydrotalkits von Snarum, welcher im Serpentin eingewachsen, und nur hie und da von Titaneisen begleitet ist. Seine äußere Beschaffenheit stimmt im Ganzen mit der Beschreibung Hochstetter's überein; die Massen sind zum Theil krummblättrig, zertheilen sich beim Zerschlagen in parallele Fasern, und sind nicht so biegsam, daß sie sich nicht, wenn auch mit einiger Schwierigkeit, pulvern ließen. Das spec. Gew. fand ich $\approx 2,091$.

Alle Fragmente zeigen einen Gehalt an Kohlensäure. Die Auflösung in Säuren geht leicht von Statten, und ist frei von Eisen. Selbst nach starkem Glühen, wodurch Wasser und Kohlensäure vollständig entfernt werden, ist das gepulverte Mineral in Chlorwasserstoffsäure, jedoch erst beim Erwärmen, auflöslich.

Bei der Analyse wurde ein Theil geglüht. Ein anderer wurde in dem Geißler'schen Apparate durch verdünnte Schwefelsäure zerlegt, und die Menge der Kohlensäure dadurch bestimmt. Die Auflösung wurde sodann zur Bestimmung der Thonerde und Talkerde benutzt.

Die Trennung dieser beiden Erden gelingt nach meiner

1) A. a. O. Bd. 46, S. 237.

Erfahrung niemals, wenn man nach Zusatz von Salmiak die Thonerde durch Ammoniumsulfhydrat fällt. Sie enthält dann oft noch bedeutende Mengen Talkerde. Sehr gute Resultate giebt aber das zweifach kohlensaure Kali, welches man der sauren Auflösung beider Erden zusetzt. Ich habe die so geschiedene Thonerde nach dem Glühen und Wägen immer mit einem Gemenge von kohlensaurem Natron und Kalihydrat geschmolzen, den geringen Rückstand, der beim Auflösen in Wasser blieb, näher untersucht, und dadurch noch ein wenig Talkerde erhalten.

Folgende Resultate wurden erhalten:

	1.	2.	3.	4.	Hochst
Kohlensäure	2,61	6,05	7,32	7,30	10,54
Talkerde	37,27	38,18	37,30	37,04	36,30
Thonerde	19,25	17,78	18,00	18,87	12,00
Wasser	41,59	(37,99)	(37,38)	37,38	32,66
	100,72.	100.	100.	100,59.	Fe 6,90
				Rückstand	1,20
					99,60.

Die wechselnde Menge der Kohlensäure setzt es außer Zweifel, daß ein Talkerdecarbonat, und zwar ohne Frage ein basisches wasserhaltiges, beigemengt sey.

In dem Völknerit fand Hermann:

Kohlensäure	3,92
Talkerde	37,08
Thonerde	16,96
Wasser	42,04
	100.

So viel steht zunächst fest, daß beide Substanzen, für welche der ältere Name Hydrotalkit ganz unpassend ist, identisch sind.

Es ist nur die Frage: Soll man die Constitution des Minerals nach *Absug* eines Talkerdehydrocarbonats feststellen, oder mit Hermann annehmen, die Kohlensäure sey erst später hinzugekommen?

Im ersten Fall wird man immer zweifelhaft seyn, welcher Art das beigemengte Carbonat sey, denn man kann

nicht entscheiden, ob es Hydromagnesit $\text{Mg}^+\text{C}^3 + 3\text{aq}$ oder eine andere ähnliche Verbindung ist. Ueberdies hat es viel Wahrscheinliches, daß der Völknerit, der vielleicht seine Entstehung dem Spinell verdankt, aus dem er neben dem Hydrargillit entstanden seyn mag, später durch kohlen-säurehaltiges Wasser angegriffen wurde. Jedenfalls ist dies sehr langsam erfolgt, denn wenn man ihn gepulvert, etwa 8 Tage in einer feuchten Atmosphäre von Kohlensäure stehen läßt, so vermehrt sich sein Gewicht nur um 1,3 Proc., und dies ist hauptsächlich Wasser, da die Menge der Kohlensäure, wie die Prüfung vorher und nachher darthat, nicht um 0,1 Proc. gestiegen war.

Man thut also wohl am besten, wenn man, wie es Hermann gethan hat, die Kohlensäure des neu entstandenen Carbonats gar nicht in Betracht zieht. Alsdann ist der Sauerstoff von

	Al	Mg	H	
in 1	= 8,99	: 14,91	: 36,97	= 3 : 5,0 : 12,3
2	= 8,31	: 15,27	: 33,78	= 3 : 5,5 : 12,2
3	= 8,40	: 14,92	: 32,23	= 3 : 5,3 : 11,9
4	= 8,81	: 14,81	: 33,23	= 3 : 5,0 : 11,3
bei Hermann	= 7,92	: 14,83	: 37,37	= 3 : 5,6 : 14,1

Hermann hat das Sauerstoffverhältniß = 3 : 6 : 15 genommen. Das Mittel meiner Analysen ist 3 : 5,2 : 11,9, wo-für ich 3 : 5 : 12 setze. Danach kann man sich den Völknerit als $\text{MgAl} + 4\text{MgH}^3$ oder als $\text{AlH}^3 + 5\text{MgH}^3$ denken, wenn man im letzteren Fall ein Atom Wasser mehr an-nimmt. Die Berechnung giebt für

	$\text{MgAl} + 4\text{MgH}^3$	$\text{AlH}^3 + 5\text{MgH}^3$	$\text{AlH}^3 + 6\text{MgH}^3$ (Hermann's Formel.)
Talkerde	38,56	37,27	39,17
Thonerde	19,80	19,14	16,77
Wasser	41,64	43,59	44,06
	100.	100.	100.

Die Analysen gaben aber, nach Abzug der Kohlensäure:

	1.	2.	3.	4.	Hermann.
Talkerde	38,27	40,64	40,25	40,00	38,59
Thonerde	19,75	18,92	19,42	20,35	17,65
Wasser	42,70	40,44	40,33	40,24	43,76
	<u>100,72.</u>	<u>100.</u>	<u>100.</u>	<u>100,59.</u>	<u>100.</u>

IX. Ueber den sogenannten *Steatit*; von C. Rammelsberg.

Mit dem Völknerit kommt an beiden Fundorten ein derbes Mineral vor, welches gewöhnlich als *Steatit* bezeichnet wird, obwohl es auch bald für Talk, bald für Glimmer gehalten wurde. Es ist grau oder grünlich gefärbt, fettig anzufühlen, sehr zähe, ohne deutliche Structur. Nach Hermann hat es ein spec. Gew. = 2,50, und bildet Pseudomorphosen von Granat und Epidot (?).

Die vorhandenen Analysen ¹⁾ sind:

	Steatit von Snarum.		Vom Ural.
	a.	b.	
	Hochstetter.	Giwartowsky.	Hermann.
Kieselsäure	32,03	30,2	25,60
Thonerde	12,52	13,2	22,21
Eisenoxyd	4,48	3,1	5,00
Talkerde	37,52	37,9	30,96
Wasser	16,19	17,0	13,43
	<u>102,74.</u>	<u>101,4.</u>	Beimeng. 2,25
			99,45.

Ich erhielt als *Glimmer* von Snarum ein Mineral von grünlicher Farbe und blättrigem Gefüge, welches bei der Analyse

1) S. Völknerit.

		Sauerstoff.
Kieselsäure	34,88	18,12
Thonerde	12,48	5,83
Eisenoxyd	5,81	1,74
Talkerde	34,02	13,37
Wasser	13,68	12,16
	<u>100,87</u>	

lieferte, wonach es mit dem Steatit identisch zu seyn scheint.

Nach Hermann's Analyse sind die Sauerstoffmengen der Bestandtheile einander nahe gleich, nach der meinigen verhalten sie sich eher wie 3:1:2:2. Der Steatit vom Ural wäre demnach $(\text{Mg}^6\text{Si} + \text{Al}^2\text{Si}) + 6\text{aq}$ oder $(\text{Mg}^3\text{Si}^2 + \text{Mg}^3\text{Al}^2) + 6\text{aq}$, der norwegische dagegen $(2\text{Mg}^3\text{Si} + \text{AlSi}) + 6\text{aq}$. Dieß ist dieselbe Formel, zu welcher Hartwall's Analyse des Kämmererits von Bissersk führt.

X. Ueber den Boronatrocalcit aus Südamerika; von C. Rammelsberg.

Seit einiger Zeit kommt ein Mineral aus der Gegend von Iquique in Ober-Peru, nahe dem Fundort des Natronsalpeters, in größerer Menge in den Handel, welches durch seine Zusammensetzung interessant ist. Es bildet größere oder kleinere rundliche Knollen, mit einer gelbgrauen Erde bekleidet, im Innern aus einem Aggregat feiner seidenglänzender Nadeln bestehend, in welchen sich zuweilen gelbliche Krystalle von Glauberit ($\text{Na}\ddot{\text{S}} + \text{Ca}\ddot{\text{S}}$) finden. Sonst aber ist die Substanz ganz rein und homogen.

In kochendem Wasser löst sich das Pulver schwierig auf; die Auflösung reagirt alkalisch. In Säuren ist es schon in der Kälte löslich.

a) 0,502, in Salpetersäure aufgelöst, gaben 0,039 Chlorsilber = 0,00964 Chlor.

0,488, in Chlorwasserstoffsäure aufgelöst, lieferten 0,013 schwefelsauren Baryt = 0,00446 Schwefelsäure.

2,402 wurden mit einem Gemisch von Schwefelsäure und Fluorwasserstoffsäure behandelt. Beim Ausziehen der schwach geglühten Masse blieben 0,617 schwefelsaurer Kalk zurück. Aus der mit Ammoniak übersättigten Flüssigkeit schlug Oxalsäure den Rest des Kalks = 0,084 kohlensauren Kalk nieder. Beide Salze entsprechen 0,30167 Kalk. Das Filtrat hinterließ 0,462 schwefelsaure Alkalien, aus denen 0,1 Kaliumplatinchlorid = 0,0193 Kali und 0,426 schwefelsaures Natron = 0,18644 Natron erhalten wurden.

1,895 wurden mit einer gewogenen Menge Bleioxyd geschmolzen, wobei sie 0,652 Wasser verloren.

b) 3,383 gaben bei wiederholter Behandlung mit Fluorwasserstoffsäure und Schwefelsäure u. s. w. 0,787 schwefelsauren und 0,17 kohlensauren Kalk = 0,42606 Kalk (incl. 0,006 Kalk, aus den Alkalien abgeschieden). Die Menge des schwefelsauren Natrons (Kalis) betrug 0,74.

c) 1,819, in Chlorwasserstoffsäure aufgelöst, gab mit Ammoniak und Oxalsäure 0,427 kohlensauren Kalk = 0,2396 Kalk.

Außer den angeführten Bestandtheilen und einer beträchtlichen Menge Borsäure liefs sich eine andere Substanz nicht auffinden.

Das Mineral enthält folglich:

	a.	b.	c.
Borsäure			
Chlor	1,92		
Schwefelsäure	0,91		
Kalkerde	12,56	12,59	13,17
Natron	7,76	9,57	
Kali	0,80		
Wasser	34,40		
Oder			

Chlornatrium	3,17	
Schwefels. Natron	0,41	
Schwefels. Kalk	0,39	
Borsäure	41,82	= 43,70
Kalkerde	12,61	13,13
Natron	6,40	6,67
Kali	0,80	0,83
Wasser	34,40	35,67
	100.	100.

Da der Sauerstoff vom Natron (Kali) und vom Kalk = 1 : 2, der der Säure gleich dem des Wassers und zugleich das 9fache von dem des Kalks ist, so besteht das Mineral aus 1 At. Natron, 2 At. Kalk, 6 At. Borsäure und 18 At. Wasser, und muß als eine Verbindung von 1 At. zweifach borsäuren Natrons, 2 At. zweifach borsäuren Kalks und 18 At. Wasser betrachtet werden.

Die Formel

$(\text{Na}\ddot{\text{B}}^2 + 2\text{Ca}\ddot{\text{B}}^2) + 18\text{aq}$		
verlangt		
6 At. Borsäure	= 2617,2	= 45,63
2 „ Kalkerde	= 703,3	= 12,26
1 „ Natron	= 389,7	= 6,79
18 „ Wasser	= 2025,0	= 35,32
	5735,2	100.

Frühere Analysen von Ulex und Dick haben zu minder einfachen Formeln geführt.

Schon früher hat Hayes ein Mineral von demselben Fundort beschrieben, welches den Namen Tiza führt, auch wohl Hayesin genannt wird. Seine Eigenschaften stimmen vollkommen mit denen des Boronatrocalcits überein, doch ist es nach Hayes $\text{Ca}\ddot{\text{B}}^2 + 6\text{aq}$, also *Borocalcit*, und enthält kein Natron. Nach Bechi soll es auch als Inkrustation an den Borsäurelagunen Toskanas vorkommen.

XI. Ueber die Einwirkung des Lichtes auf Chlorwasser; von W. C. Wittwer.

Im Aprilhefte 1855 dieser Annalen habe ich unter oben stehendem Titel eine Arbeit veröffentlicht, welche von den HH. Dr. Bunsen und Dr. Roscoe in einer im Növenberhefte befindlichen Abhandlung in einer Weise angegriffen wurde, daß ich unmöglich dazu schweigen kann.

Der Zweck, den ich bei meinen Untersuchungen vorzugsweise im Auge hatte, war, ein Mittel zu gewinnen, womit man im Stande wäre, die jeweilige Helligkeit für einen gegebenen Zeitraum zu bestimmen. Ein solches Mittel giebt es meines Wissens zur Zeit noch nicht, denn die bisherigen Photometer, die nach Wachs- oder Stearinkerzen 6 oder 8 aufs Pfund messen, können sich wohl in einigen Fällen der Technik, kaum aber in der Wissenschaft Geltung verschaffen. Wenn man sich an die Lösung einer ganz neuen Aufgabe macht, so wird wohl kein billig denkender Mensch erwarten, daß alsbald etwas ganz Vollendetes zum Vorschein kommen werde; aber es ist eine allbekannte Thatsache, daß sowie irgendwo einmal der Anfang gemacht ist, die Verbesserungen alsbald nachfolgen. Wie sehr unterscheiden sich die ersten Dampfmaschinen von den gegenwärtigen? Wie weit stehen die ersten Thermometer von den jetzigen ab? Man versteht es heutzutage ganz gut, die Wärme zu messen; aber das Licht ist in der Natur kaum geringer zu achten als die Wärme, und ich habe es daher für einen großen Mangel gehalten, daß wir zur Zeit nicht im Stande sind, dasselbe zu messen, und hat sich der Erfinder des Thermometers, trotz der Unvollkommenheiten der ersten Instrumente, den Dank der Naturforscher verdient, so wird es auch nicht unrühmlich seyn, ein Mittel anzugeben, mit dem man das Licht bestimmen kann, wenn auch am Anfange noch allerlei daran fehlt, denn annähernde Messungen sind noch immer besser als gar keine.

Von dieser Ansicht ausgehend habe ich meine Abhandlung veröffentlicht, habe aber zugleich ausdrücklich (S. 608) bemerkt, daß meine Resultate auf grofse Genauigkeit keinen Anspruch machen können, und wenn daher die HH. Bunsen und Roscoe sie mit dem Titel „Fundamentalversuche“ (S. 388) beehren, so ist das etwas, was ich nicht beansprucht habe; ich kann aber auch darum offenbar nicht dafür verantwortlich gemacht werden, wenn meine Versuche den nun an sie gestellten höheren Anforderungen nicht genügen. Die beiden Herren haben aber meine Arbeit vollkommen verdammt, was ich meinerseits doch nicht zugeben kann, weshalb ich im Nachfolgenden meine Einwendungen machen mufs. Um Fundamentalversuche über die Wirkung des Lichtes auf Chlorwasser anzustellen, ist jetzt leider keine Zeit, denn ein Theil derselben läfst sich im Winter nicht anstellen, wie ich bereits früher angegeben, habe und ich mufs mich daher für jetzt darauf beschränken zu zeigen, daß die Bunsen-Roscoe'schen Versuche die meinigen nicht nur nicht widerlegen, sondern sogar eher bestätigen. Ich will für jetzt nur nachweisen, daß meine bisherigen Resultate auch nach den Versuchen der HH. Bunsen und Roscoe stehen bleiben, und bedinge mir nur aus, daß die Sätze, die die beiden Herren als *gegen mich* geltend erachtet haben, nöthigenfalls auch *für mich* sprechen sollen, und daß ich nicht mehr zu vertheidigen habe, als ich in meiner Schrift angab. Unter diesen Voraussetzungen glaube ich mit dem Inhalte der beiden Abhandlungen auszureichen.

Die HH. Bunsen und Roscoe werfen mir vor, daß ich bei meiner Chlorwasserbestimmung eine Methode befolgt habe, bei der vermöge der unvermeidlichen Diffusion des Chlors im Durchschnitte 9 Procente desselben verloren gehen, weshalb an meinen Messungen ein Fehler von 9 Procenten hafte, und sie geben zur Bekräftigung dieses Ausspruches folgende Tabelle, bei der die erste Columne den wirklichen Gehalt an Chlor pro Mille, die zweite den durch meine Messung angegebenen, die dritte den bei der letzteren stattgehabten Procentverlust angiebt.

I.	II.	III.
1,945	1,789	8,0
1,792	1,633	8,9
1,738	1,635	11,1
1,733	1,601	7,4

Sehen wir nun, wie groß mein Fehler sey! Bei Vergleichung beider Schriften wird man alsbald sehen, daß es sich hier nicht um die Bestimmung der absoluten Stärke eines Chlorwassers handelt, sondern um das gegenseitige Verhältniß zweier oder mehrerer zu einander. Nehmen wir nun an, es seyen die beiden obersten Chlorwässer zu bestimmen, so ergiebt sich a) wirkliches Verhältniß = $\frac{1,915}{1,792} = 1,065$, b) Verhältniß nach meiner Bestimmung = $\frac{1,789}{1,633} = 1,096$; also beträgt der Fehler 1,0 nicht 9 Procente.

Weniger günstig gestaltet sich das Verhältniß bei der Zusammenstellung aller übrigen Beobachtungen, denn der Fehler beträgt alsdann 1,6 Procente.

Aus den Bunsen-Roscoe'schen Versuchen geht also keine größere Ungenauigkeit der meinigen hervor, als ich selbst angenommen habe.

Bezüglich der Einwirkung des Lichtes auf Chlorwasser, das freie Salzsäure enthält, haben sich die HH. Bunsen und Roscoe viele Mühe gegeben, haben aber dabei übersehen, daß sie im nämlichen Augenblicke denselben Fehler machten, den sie mir vorwerfen. Nach ihnen lehrt die alltägliche Erfahrung in der Chemie, daß die Verwandtschaft als die Resultante der Anziehungen betrachtet werden muß, welche nicht nur von den sich verbindenden, sondern zugleich von sämtlichen die chemische Action zunächst umgebenden Moleculen ausgeht und daß mit der relativen Menge und substantiellen Verschiedenheit dieser Molecule die Größe der chemischen Anziehung nach uns noch völlig unbekannten Gesetzen veränderlich ist. Meine HH. Gegner nehmen in meiner Schrift zunächst daran Anstoß, daß ich angab, man könne Chlorwasser auch aus Chlorkalk und Salzsäure machen. Hier enthält also das Chlorwasser Chlor-

calcium, das wohl anders wirkt als freie Salzsäure, und wenn auch etwas freie Salzsäure sich vorfindet, so muß nach dem eigenen Anspruche der beiden Herren vermöge der Anwesenheit des Kalkes die Wirkung eine ganz andere seyn, als wenn kein Kalk da wäre. Ich kann darum, weil sich unter den Bunsen-Roscoe'schen Versuchen nicht ein einziger befindet, der mit Chlorcalcium angestellt ist, dieselben nur als eine Fortsetzung, nicht aber als eine Widerlegung der meinigen betrachten. Bestreiten die HH. Bunsen und Roscoe die gleichmäßige Wirkung von Licht auf salzsäurefreies Chlorwasser und auf solches, in welchem durch Insolation Salzsäure gebildet wurde, so kann ich schlechterdings nicht einsehen, wie in einem Chlorwasser, das ursprünglich höchstens 4 pro Mille Chlor enthielt, nach der Insolation 10 Procente Salzsäure seyn sollen. Im Nachfolgenden werde ich aus den eigenen Versuchen der HH. Bunsen und Roscoe nachweisen, daß eine Einwirkung der geringen Menge durch Insolation gebildeter freier Salzsäure sich nicht bemerken läßt.

Es wird ferner der von mir ausgesprochene Satz bestritten, daß bei gleicher Beleuchtung die gebildete Salzsäure der Stärke des Chlorwassers proportional sey.

Hier muß ich vorerst bemerken, daß ich in meiner ersten Abhandlung ausdrücklich angegeben habe, daß wenn die Menge des Chlors unter 1 pro Mille des Wassers fällt, meine Versuchsmethode keine genauen Resultate mehr giebt, und ich bin darum in meinen Versuchen nur zweimal und auch da nur wenig über die gesteckte Gränze herabgegangen. Die Verhältnisse, die bei schwachem Chlorwasser eintreten, habe ich also nicht untersucht, und wenn nun gefunden wird, daß diese anders sind, als wenn die Chlorwasserstärke über 1 beträgt, so kann mir darum kein Vorwurf gemacht werden, weil ich hiefür ausdrücklich keine Verbindlichkeiten übernommen habe.

Die Versuche über den fraglichen Satz sind von zweierlei Art; man kann nämlich Chlorwasser von verschiedener Stärke gleiche Zeit, oder gleiche Chlorwässer verschiedene

Zeit dem Lichte aussetzen. Halten wir die Bunsen-Roscoe'schen Resultate der ersten Art mit den meinigen zusammen, so zeigt sich, daß sie sich darum nicht vergleichen lassen, weil bei ersteren stets das schwächere Chlorwasser nach der Insolation weit unter meiner Gränze war. Will man aber, weil unter meinen Versuchen zwei sind, die wenn auch nicht viel, doch unter die Stärke 1 gehen, auch zwei von den Bunsen-Roscoe'schen nehmen, so müssen wir als die am meisten ähnlichen die ersten zwei nehmen, weil bei ihnen allein die Stärke des insolirten Chlorwassers noch über 0,5 betrug. Leider widersprechen aber gerade diese zwei Versuche sich selbst, denn das eine Mal verliert das stärkere, das andere Mal das schwächere Wasser weniger Chlorprocente. Eine Vergleichung läßt sich also hier nicht durchführen. Wollte man ebenfalls annehmen, daß bei zwei von einander abweichenden Versuchen die Wahrheit in der Mitte liege, so käme man auf ein Resultat, das fast ganz mit dem übereinstimmt, das ich bei stärkerem Chlorwasser gefunden habe; doch bin ich weit entfernt, diese Uebereinstimmung als Bestätigung meiner Resultate anzusprechen. In Tabelle 13 findet sich, daß das ursprünglich stärkere Chlorwasser nach der Insolation schwächer ist als das ursprünglich schwächere, welches Resultat wohl kaum in der Natur begründet ist, und eben nicht sehr zu Gunsten der Genauigkeit der Bunsen-Roscoe'schen Versuche sprechen dürfte. Hält man die Versuche der zweiten Art, die die HH. Bunsen und Roscoe einerseits, und ich andererseits angestellt haben, zusammen, so finden wir bei ersteren eine Reihe von drei Versuchen, bei welchen die Chlorwasserstärke nicht unter 1 kam, welche also mit den meinigen sich vergleichen lassen. Die Gläser waren 1-, 2- und 3mal 18 Minuten dem Lichte ausgesetzt. Die Werthe von J sind pro Minute bezüglich 0,0130, 0,0125 und 0,0142, und wenn wir hieraus nach der in meiner Abhandlung eingeschlagenen Methode das Mittel ziehen, so ist $J = \frac{1}{3}(0,0130 + 2 \cdot 0,0125 + 3 \cdot 0,0142) = 0,0134$. Die Abweichungen in Procenten

des mittleren Werthes ausgedrückt sind $-3,0$, $-6,7$ und $+6,0$, was also zu meiner Formel fast so gut paßt, als meine eigenen Versuche; denn bei diesen geht ein Fehler über 10 Procente, wenn auch die übrigen bedeutend kleiner sind, und die HH. Bunsen und Roscoe hätten bei der Uebereinstimmung ihrer eigenen Resultate mit den meinigen gar nicht nothwendig gehabt, zur Conjecturalkritik ihre Zuflucht zu nehmen, da sich zudem gar nicht einsehen läßt, wo die 40 Procente, um die meine Versuche fehlerhaft seyn sollen, herkommen, indem die beiden Herren selbst die Fehler nur zu 9 Proc. bestimmt haben. Lassen sich auch die Versuche, die ich mit verschiedenen starken Chlorwässern angestellt habe, aus dem oben angeführten Grunde mit den Bunsen-Roscoe'schen nicht zusammenstellen, so erhalten sie doch durch diejenigen Gewicht, welche beide Herren mit Chlorwasser machten, das ungleich lange dem Lichte ausgesetzt war, denn die zwei Arten von Versuchen hängen unmittelbar mit einander zusammen.

Als Gröfse von J pro Minute haben die HH. Bunsen und Roscoe erhalten 0,0134; meine Messungen gaben $J = 0,0113$. Ueber die Uebereinstimmung beider Resultate läßt sich freilich nichts sagen, denn die einen Versuche wurden in Heidelberg wahrscheinlich Ende Julis oder am Anfange des August angestellt, die anderen in dem fast um 2° südlicher gelegenen Oberdorf bei Kaufbeuren Mitte Septembers und in 2200 Fufs Meereshöhe; doch glaube ich, dafs die beiden Resultate nicht so ganz unvereinbar sind.

Untersuchen wir die Resultate des Bunsen-Roscoe'schen Versuches No. 15 in Bezug auf die Wirkung des Lichtes bei schwachem Chlorwasser, das unter meiner Versuchsgränze ist, so zeigt sich, dafs J wächst, dafs das Chlorwasser also nicht schwächer als 1 werden darf; doch widerlegt dieses meine Versuche nicht. Da hier das vorher starke Chlorwasser bei längerer Insolation mehr Salzsäure enthielt als das nach kürzerer Insolation untersuchte, so hätte nach der Annahme der HH. Bunsen und Roscoe das J statt gröfser kleiner werden müssen. Die Wirkung der wenigen

durch Insolation gebildeten Salzsäure ist also nicht hinreichend, um die Verbindung des Chlors mit dem Wasserstoffe des Wassers merklich zu verhindern.

Fassen wir die Ergebnisse der vorhergehenden Betrachtungen zusammen, so glaube ich folgende Schlüsse daraus ziehen zu können.

- 1) Die bei der photochemischen Zersetzung des Chlorwassers gebildeten Producte üben nach den Bunsen-Roscoe'schen Versuchen *keine bemerkbare* Rückwirkung auf die Gröfse der ursprünglichen Verwandtschaft des Chlors aus.
- 2) Meine Beweise für den Satz, dafs innerhalb der Stärken 4 und 1 des Chlorwassers die wasserzersetzende Wirkung des Chlors der Dauer, der Intensität der Bestrahlung und der Stärke des Chlorwassers proportional sey, haben durch die *gütige* Mitwirkung der HH. Bunsen und Roscoe einen sehr erfreulichen Zuwachs erlangt.

Was die Anwendung des Chlorwassers als photometrische Substanz anbelangt, so bin ich ganz entschieden der Ansicht, dafs dasselbe sehr viel zu wünschen übrig läfst; allein es war mir weder zur Zeit, als ich meine Abhandlung veröffentlichte, noch ist mir jetzt ein anderes Mittel bekannt, welches das Chlorwasser zu ersetzen im Stande wäre, und bis ein solches gefunden wird, bleibt nach dem alten Sprichworte unter Blinden der Einäugige König.

XII. Mittheilungen über einige besondere Exemplare des Calcit; von Adolf Kenngott in Wien.

Obgleich schon sehr viele Einzelheiten bekannt sind, welche der Calcit, begünstigt durch seine ungemeine Verbreitung, durch seine Mannigfaltigkeit der Gestaltverhält-

nisse u. s. w. darbietet, so finden sich doch immer Exemplare vor, die einer Erwähnung werth erscheinen, und die Sammlungen des hiesigen k. k. Hof-Mineralien-Kabinetts enthalten dazu reichliches Material. — Die nachfolgenden näher beschriebenen Stücke sind ohne weiteren Zusammenhang ausgewählt worden.

1. Calcit von Freiberg in Sachsen.

Die Krystallgruppierungen, welche zum Theil streng mathematische, zum Theil mehr zufällige sind, klären häufig besondere Verhältnisse der Krystalle und der mineralogischen Gestalten überhaupt auf, wenn man sie namentlich in allen Graden der Ausbildung verfolgen kann. So giebt das hier vorliegende Exemplar den schönsten Beweis, wie man die sogenannten zahnigen, draht- und haarförmigen Gestalten bei Gold, Silber u. a. richtig erklärt, obgleich das Mineral selbst nicht zu denen gehört, die derartige Gestalten aufweisen.

Auf einem mittelgroßen Schaustück der Hauptsammlung erheben sich über eine mit kleinen Calcitkrystallen dicht besetzte Fläche zwei bogenförmige Gebilde von der Größe und dem beiläufigen Aussehen, wie Fig. 40 Taf. III angiebt, welche den ersten Eindruck des Aussehens vergegenwärtigen soll. Die bogenförmigen, unvollkommen cylindrischen Gebilde sind, wie in der Figur angedeutet ist, aus parallel geordneten Stengeln und diese aus linear geordneten Krystallen zusammengesetzt.

Mohs erklärte die Bildung der zahnigen, draht- und haarförmigen Gestalten ganz richtig, wenn er (Seite 266, Bd. I der Anfangsgründe der Naturgeschichte des Mineralreichs) sagt: » Die zähpigen, draht- und haarförmigen Gestalten entstehen, wenn ein aufgewachsener Krystall die Unterstützung eines zweiten, dieser eines dritten u. s. f. wird, so daß eine Reihe solcher Krystalle sich bildet, wie man sie mit allerlei Biegungen und Krümmungen oft am hexaëdrischen Silber, am octaëdrischen Kupfer, auch am octaëdrischen Eisen, an diesem indessen nicht freistehend,

findet. Wenn diese Krystalle gleichsam zusammenfließen, d. i. so innig mit einander verbunden sind, daß man sie nicht mehr von einander unterscheiden kann, so werden die angeführten Gestalten daraus, welche an den genannten Mineralien am gewöhnlichsten sich finden.»

An dem vorliegenden Stücke kann man die vollkommene Richtigkeit dieser Erklärung sehen und im Großen den Gang verfolgen, wie derartige Gebilde durch die Gruppierung hervorgehen. Auf einer gemeinsamen Unterlage, körnigem bis dichten Kalkstein, die mit einem dünnen Ueberzuge kuglig-nierenförmigen Markasits versehen ist, setzte sich Calcit in kleinen Krystallen ab. Dieselben sind scharf ausgebildet und stellen die Combination $\frac{1}{2}R' \cdot \infty R$ dar (Fig. 37) mit mäßigem Wechsel in der relativen Ausdehnung der beiderlei Flächen, blafsgelblich, wasserfarben bis weiß, durchsichtig bis halbdurchsichtig, glänzend. Im Allgemeinen sind diese Krystalle an Größe nicht sehr verschieden, gewöhnlich 2 bis 3 Millimeter im Durchmesser, doch auch von 1 bis 5 Millimeter; sie sind unregelmäßig über die gemeinsame Unterlage verbreitet und dichtgedrängt auf- und übereinander gewachsen. Inmitten derselben erheben sich die zwei bogenförmigen Gebilde, wie sie Fig. 40 andeuten soll. Diese bildeten sich, wie man auf das klarste sehen kann, dadurch, daß auf eine Parthie nebeneinander liegender aufgewachsener Krystalle sich andere aufsetzten, mit Beibehaltung der Richtung der Hauptaxe, daß so eine Anzahl aus übereinander gesetzten Kryställchen gebildeter Stengel dicht neben- und umeinander herum parallel gestellt sich erhoben und so der Bildung einer cylindrischen Gestalt anstrebten, die aus parallelen Stengeln zusammengesetzt ist.

Bei der Beschaffenheit der Krystallcombination, die, der Basisfläche entbehrend, nothwendig ein Eindringen des einen Krystalls in den anderen, eine gegenseitige Verwachsung der Endecken erfordert, ohne deshalb den oberen einen wirklich festen Stützpunkt zu geben, bei der Anwesenheit einer Flüssigkeit, in welcher der Bildungsact vor

sich ging, bei der ungleichen Gröfse der einzelnen sich gruppirenden Individuen, war es unmöglich, dafs die gerade sich erhebenden cylindrischen Gruppen in dieser verticalen Stellung stehen bleiben konnten; es fehlte die Sicherheit für einen so hohen schwankenden Bau und somit war die geringste Störung in dem Fluidum hinreichend, die vertical anstrebende Säule (wenn man vergleichsweise so sagen darf) in Schwankung zu versetzen und ein Herabsinken des oberen Theiles zu veranlassen.

Hätte man einen Aufbau im Trocknen gehabt, d. h. hätten sich durch sehr allmählichen Absatz aus durchsickern- den Gewässern derartige Gruppen gebildet, so wäre bei einer Störung des Gleichgewichts das fertige Gebilde zerbrochen, oder es hätte während des Wachsthumes eine allmähliche Ablenkung von der verticalen Richtung stattfinden müssen; hier aber fand der gesammte Bildungsact in einem völlig mit Wasser erfüllten Raume statt, und die eintretende Schwankung bewirkte in dem widerstandsfähigen Fluidum kein gänzliches Zerfallen, sondern die eng aneinander gelehnten Stengel, zusammengesetzt aus perlenschnur- artig verwachsenen Individuen, gewährten dem Ganzen so viel Halt, dafs ein allmähliches Herabbiegen des oberen Endes erfolgte, ohne dafs die Stengel zerrissen, weil die mögliche Verschiebbarkeit ein nothwendiges Ausweichen ermöglichte. Das herabgebogene Ende erreichte den festen Boden und eine geringe Störung der ursprünglichen Lage ist sichtbar, die scheinbar noch durch einige unregelmässig aufgeschossene Stengel vermehrt wird. Der Widerstand nämlich, welchen die feste Unterlage dem sich auf sie herabsenkenden Stengelaggregat entgensetzte, bewirkte, so gering er auch war, eine geringe Spreizung der Stengel. Durch den mechanischen Druck wurden im Innern des Bogenraumes nur wenige Stengel weggedrängt, obgleich dort die linear geordneten Individuen am meisten gegeneinander gedrückt werden mußten. Das Ganze zeigt also, trotz dieser einzelnen Ablenkungen, einen grofsen Grad von Zusammenhang und deutliche Verschiebbarkeit,

wenn man sieht, wie die doch ziemlich langen Stengelgebilde, aus so vielen kleinen Krystallen zusammengesetzt, so aus ihrer geraden Richtung verrückt und bis zum Boden herabgelenkt werden konnten, ohne dafs sie zerfielen oder zerrissen. Dabei sind alle Krystalle der Gruppe scharf und bestimmt ausgebildet, insoweit sie ihre Theile sehen lassen, und man kann auf eine ruhige Bildungsperiode schließen. In der Gröfse wechseln sie, wie schon von allen Krystallen des Stückes überhaupt angeführt wurde, nicht auffallend, und die Stengel sind ziemlich von gleicher Dicke, werden gegen das Ende allmählich dünner, daher das Ganze mit ihnen, und nur einzelne hervorspringende Krystalle sind über das gewöhnliche Maafs der Gröfse hinaus gegangen, sowie an sich schon wechselnde Volume durch das mehr oder mindere Hervortreten von ∞P gegeben sind.

Die beigegebene Figur 40 Taf. III kann freilich nur annähernd den Eindruck wiedergeben, den das Ganze bewirkt; man soll zunächst daraus die Umbiegung des Ganzen, die Zusammensetzung aus parallel gruppirten Stengeln und weiter abwärts die Zusammensetzung aus linear gruppirten Krystallen ansehen, während Fig. 39 Taf. III nur beigelegt ist, um zu zeigen, wie theoretisch die in Fig. 38 Taf. III verkleinert dargestellte Combination $\frac{1}{2}R' \cdot \infty R$ (Fig. 37) sich geordnet darstellt, zum beiläufigen Verständniß der Längs- und Querlinien in Figur 40.

Was schliesslich die Krümmung betrifft, so soll nicht die Ansicht ausgesprochen worden seyn, als wäre der Grund der Krümmung bei Gold, Silber und dergl. in zahnigen, draht- und haarförmigen Gestalten derselbe, wie bei dem Calcit, sondern es handelte sich wesentlich um die Art der Gruppierung. Dafs nebenbei die so schön zusammengesetzte Gruppe des Calcits auch eine solche ungewöhnliche Krümmung zeigt, erleichtert um so mehr das richtige Verständniß jener mannigfach gebogenen viel zarteren Gebilde.

2. Calcit von Przibram in Böhmen.

Ein schönes Gegenstück zu der vorangehenden Bildung ist das Exemplar von Przibram. Dort reichten sich die Krystalle $\frac{1}{2}R' \cdot \infty R$ linear, hier reihen sich Krystalle derselben Combination lamellar, d. h. die Krystalle verwachsen mit den Prismenflächen, und die Rhomboëderflächen der ganzen lamellaren Gruppe haben übereinstimmende Lage, so daß theoretisch die Summe der Endecken eine Ebene repräsentirt, die factisch durch die ungleiche Ausbildung und Verschiebung in eine krumme Fläche übergeht. Durch die hier gegebene Art der Gruppierung wird die Bildung plattenförmiger Gestalten veranlaßt, deren Dicke von der Höhe der Krystalle oder von wiederholten Lagen abhängt, indem neben der allgemeinen lamellaren Gruppierung nebenbei noch eine untergeordnete lineare stattfinden kann.

Der Calcit setzte sich hier auf krystallinisch grobkörnigem Baryt ab, nachdem zuvor die Oberfläche desselben mit einer fast continuirlichen Schicht mikrokrySTALLISCHEN Pyrits belegt war. Die durch regelmäßige Gruppierung der kleinen Krystalle $\frac{1}{2}R' \cdot \infty R$ mit parallelen Hauptaxen entstandenen plattenförmigen Gestalten bilden aber keine zusammenhängende Ueberzugslage auf dem Pyrit oder Baryt, sondern erheben sich über die Unterlage, indem die lamellaren Gruppen sich zum Theil convex krümmten und, einmal von der Unterlage entfernt, in dieser Richtung sich durch neuen Ansatz vergrößerten. Die Convexität der breiten Flächen, bedingt durch das Emporsteigen der sich lamellar vergrößernden Gruppen über die Unterlage, zeigt noch nebenbei als weitere Folge eine Verästelung durch eingetretene Spaltung und Trennung der Platten. Die ästigen Gebilde zeigen jedoch die gleiche Art der Gruppierung, selbst wenn sie vertical aufsteigen, so daß dann die Rhomboëderflächen auf zwei entgegengesetzten Seiten zu sehen sind, am Ende des ästigen Theiles aber Prismenflächen.

Mangel an Material mag wohl nicht die Ursache der Spaltung der Platten in ästige Gestalten gewesen seyn, da das Stück mehr als hinreichend Calcit zeigt, um die

Platten überdeckend und dick zu machen. Der Hauptgrund lag in fremder Substanz (Quarz und Pyrit), die sich da und dort auf dem Platten bauenden Calcit festsetzte und stellenweise von den successiv gebildeten Calcitkrystallen selbst krystallisirend nicht schnell genug umschlossen werden konnte. So namentlich bildeten sich die Quarzkrystalle, während der Pyrit mehr in kugligen Concretionen als in einzelnen Krystallen vorkommt. Die Quarzkrystalle sind scharf ausgebildet, grünlich grau, durchsichtig bis halbdurchsichtig und zeigen gelbe Kugeln oder Büschel zart faserigen Limonits als Einschlufs; die grüne Farbe aber wird durch höchst fein vertheiltes pulveriges Pigment hervorgebracht. Von beiderlei Einschlüssen zeigt der Calcit keine Spur, er ist grau bis weifs, durchsichtig bis durchscheinend und glänzend.

3. Calcit von Andreasberg am Harz.

Dieses Exemplar zeigt eine schöne Umhüllung des krystallisirten Calcit durch krystallisirten Calcit mit wechselnder Gestalt. Die jetzt sichtbaren Krystalle von blafs röthlichweifser Farbe sind aufgewachsen auf körnigem Calcit, zeigen die Combination eines ansehnlich spitzen Rhomboëders mR mit $\frac{1}{2}R'$. Die Rhomboëderflächen mR sind etwas convex und rauh, durch hervorspringende meist längliche Krystalltheilchen. Die Flächen $\frac{1}{2}R'$ sind ziemlich eben und glatt. An den Seitenkanten von mR erblickt man noch schwache Spuren eines Scalenöeders.

Die im Ganzen halbdurchsichtigen Krystalle sind an den Enden undurchsichtig durch die milchweissen undurchsichtigen Rhomboëderflächen. So wie sonst an Krystallen $\infty R . oR$ von Andreasberg die Basisflächen eine undurchsichtige milchweifse Schicht werden, während die Krystalle farblos und durchsichtig sind, so bilden hier die Flächen $\frac{1}{2}R'$ das undurchsichtige Ende der Krystalle. Beim Hindurchsehen erblickt man in den Krystallen einen Kern, welcher selbst wieder ein Calcitkrystall ist. Es gelang mir nämlich mit grofser Vorsicht die umgebende Krystallmasse zu tren-

nen, und ich fand so als Kern eine Combination von $\frac{1}{2}R'$ mit einem spitzen Rhomboëder mR' und mit einem spitzen Scenoëder mRn . Die beigegebene Fig. 41 Taf. III zeigt die Art der Verwachsung; der innere Krystall, welcher schwach schattirt ist, um ihn besser zu unterscheiden, hat bezüglich der Flächen $\frac{1}{2}R'$ (g) Parallelismus mit dem umhüllenden; die mit r bezeichneten Rhomboëderflächen aber des inneren Krystalls scheinen nicht mit den Rhomboëderflächen (s) der Umhüllung identisch zu seyn, soweit man durch den Anblick urtheilen kann. Die mit g bezeichneten Rhomboëderflächen der Umhüllung sind dunkel gezeichnet, um anzudeuten, dass dort die Krystalle undurchsichtig sind.

Die inneren Krystalle, welche demnach einer früheren Bildungsepoche angehören, unterscheiden sich auch durch die grauere Farbe, haben aber keinen fremden Ueberzug, der sie trennte, weshalb es um so auffallender ist, dass sich der umhüllende Calcit so leicht trennen lässt und dass der sich vergrößernde Krystall seine Gestalt änderte.

4. Calcit von Freiberg in Sachsen.

Dieser schließt sich eng an den vorigen an. Die aufgewachsenen grauen bis wasserhellen Krystalle stellen die Combination $\infty R. \frac{1}{2}R'$ dar; die Kanten von ∞R sind schwach abgestumpft durch $\infty R \infty$ und die gegenseitigen Combinationenkanten sehr schwach durch die Flächen eines dodekagonalen Prisma. Richtiger ist es aber auch hier, wie bei den meisten für hexagonale Prismen gehaltenen Gestalten des Calcits, dass die als hexagonales Prisma angegebene Gestalt ein sehr spitzes Rhomboëder ist, wonach dann auch die Flächen an den Kanten zu deuten seyn würden. Da aber hier sämtliche Flächen außer $\frac{1}{2}R'$ krystallographisch nicht absolut genau bestimmbar, die kleinsten Flächen unterbrochen und uneben sind und es hier weniger auf diese Bestimmung ankommt, so können wir uns an den ersten Eindruck halten. Die so äußerlich ausgebildeten Krystalle sind fast durchsichtig, wenn man auf die Prismenflächen sieht, fast undurchsichtig, wenn man auf die Rhomboëder-

flächen sieht, indem diese eine graue Schicht repräsentiren und dabei fast matt sind. Beim Hindurchsehen in der Richtung auf die Prismenflächen bemerkt man eine eingewachsene Krystallgestalt wie die Fig. 42 Taf. III es angiebt, von im allgemeinen scalenoëdrischer Gestalt. Die Endecke des inneren spitzen Scalenoëders, als welches sich die innere Gestalt bei genauer Prüfung erweist, fällt mit der Endecke des stumpfen Rhomboëders zusammen, und da die Masse durchweg gleich ist, so würde man den Kern nicht unterscheiden können, wenn nicht derselbe durch pulverförmige krystallinische Körnchen von (wahrscheinlich) Pyrit in seiner Begrenzung markirt wäre. Die Kieskörnchen, welche zur grauen Färbung in sofern beitragen, als die Bekleidung des Kerns auf die Farbe der ganzen Krystalle trübend einwirkt, lassen sich unter mäßiger Vergrößerung leicht erkennen, und ihre Anwesenheit läßt sich als Grund des Formenwechsels ansehen, indem die auf die Scalenoëder abgesetzte fremde Substanz bei weiterem Absatz der Calcitmasse die Auflagerung der kleinsten Theilchen bezüglich der Lage nicht störte, jedoch die Einwirkung der Krystallisationskraft veränderte. Die Krystalle vergrößerten sich dabei so, daß die Hauptaxe unverändert blieb, wie man auch aus der Fig. 42 Taf. III ersieht und an dem Stücke es an einzelnen Krystallen durch einen schwarzen Punkt wahrnimmt, der am Scheitelpunkte der stumpfen Rhomboëderecke hervortritt. Zufällige Verletzungen des Stückes lassen dabei erkennen, wie die Spaltungsflächen continuirlich durch Hülle und Kern fortgehen, die Kiesbekleidung aber scharf begrenzt ist. Ihr Niederfallen auf die Flächen des Scalenoëders, welches wahrscheinlich $R3$ ist, bedingte die Tendenz, sich nach aufsen anders als in der Gestalt $R3$ zu gestalten, ohne daß eine Pause der Vergrößerung eintrat, wie bei dem vorerwähnten Stücke. An einem zweiten Exemplare von demselben Fundorte ist eine fast gleiche Bildung zu sehen, nur sind die Krystalle schärfer ausgebildet, die Flächen $\frac{1}{2}R'$ nicht matt und undurchsichtig, sondern die letzteren sind parallel den Höhenlinien der Pen-

tagone (vertical) gestreift. Die Krystalle vergrößerten sich dabei noch über die Hauptaxe hinaus, so daß die Scheitelpunkte der Scaloenöder-Endecken ein Stück unterhalb der Scheitelpunkte der Rhomboöderendecken zu sehen sind.

5. Calcit von Schemnitz in Ungarn.

Wenn die Exemplare 3 und 4 eine innere Krystallgestalt von abweichender Form zeigten und die Veränderung in 4 durch das fremdartige Material bedingt zu seyn scheint, so giebt es auch Krystalle, wo die fremdartige Substanz gar nicht stört. Dieß zeigen z. B. schöne bis Zoll große Krystalle von Schemnitz, $\frac{1}{2} R'$ darstellend, welche, wie Fig. 43 Taf. III angiebt und es oft bei Fluoritkrystallen zu sehen ist, eine letzte klare Schicht zeigen. Das innere Rhomboöder ist grau durch pulverförmiges Pigment, welches wahrscheinlich Pyrit in mikroskopischen Kryställchen ist; dasselbe schwindet plötzlich und der Krystall wächst fort, ungetrübt und rein. Hier war wahrscheinlich der Einschluss zu fein, um anders als trübend einzuwirken; er bildet nur einen Staub, dessen Menge noch verdoppelt durch die Doppelbrechung der Calcitmasse erscheint.

XIII. *Ueber den Einfluss der Bodennähe auf die Anzeigen der im Freien aufgehängten Thermometer;* von F. Henrici.

Vor einiger Zeit gelangte ich zufällig in den Besitz zweier gut mit einander übereinstimmenden Thermometer, wodurch ich auf den Gedanken geführt wurde, sie an meiner Wohnung in verschiedener Höhe, in freier Luft aufzuhängen, um zu sehen, welche Abweichungen dabei in ihren Anzeigen etwa vorkommen möchten. Demgemäfs wurden sie, das eine am unteren, das andere am oberen Stock meines

Hauses je vor der mittleren Scheibe eines Fensterflügels so befestigt, daß an beiden die Ablesungen mittelst einer an die Innenseite der Fensterscheibe anzulegenden Lupe von größerer Brennweite bequem gemacht werden konnten, wobei die Kugeln der Thermometer von den Scheiben 2 p. Zoll weit abstanden. Da es mir wichtig schien, die Umstände für beide Thermometer möglichst gleich zu machen, so bekam das obere Thermometer seinen Platz nicht an dem gerade über dem unteren, sondern an dem zunächst daneben befindlichen Fenster, aus dem Grunde, weil die zu diesen Fenstern gehörigen Zimmer beide nicht eigentlich bewohnt waren und eine Oeffnung der beiden Fenster daher nur selten vorkam. Die Kugel des unteren Thermometers war $7\frac{2}{3}$ p. Fufs, die Kugel des oberen 20 p. Fufs vom Boden, beide von einander also $12\frac{1}{3}$ Fufs entfernt; von den Fenstersohlbänken standen die Kugeln $2\frac{1}{3}$ Fufs ab. Die Vorderseite des Hauses, an welchem die Thermometer aufgehängt wurden, ist gegen NNW gekehrt und durch eine $43\frac{1}{2}$ Fufs breite Strafe von der Mauer des hiesigen botanischen Gartens getrennt, hinter welcher sich eine ausgedehnte Gruppe hoher Bäume befindet. Die übrigen drei Seiten des Hauses sind von einem Garten umgeben, welcher durch Nachbargärten begränzt wird, so daß die Lage des Hauses ganz frei ist und nur die nördlichen und nordöstlichen Winde zu demselben keinen ganz ungehemmten Zutritt haben.

Beide Thermometer waren umgeben von Lampengläsern, in deren unteren Ausweitung die Kugeln sich etwa in der Mitte befanden, wodurch sie vor dem unmittelbaren Anstoß des Windes und Regens geschützt waren, was, wie die Vergleichung mit einem benachbarten ungeschützten Thermometer mir gezeigt hat, von erheblicher Bedeutung ist.



Die Beobachtungen sind gewöhnlich nur einmal am Tage gemacht worden, zu einer Zeit, wo die nördliche Hauswand von der

Sonne noch nicht beschienen und der Stand der Thermometer einigermassen stationär war, im Winter des Morgens vor oder um 9 Uhr, im Sommer um 1 Uhr; einige Ableesungen sind auch zu anderen Zeiten gemacht worden. Dafs die Ablesungen an beiden Thermometern möglichst rasch nach einander gemacht wurden, braucht kaum erwähnt zu werden; nicht selten wurde auch der Controle wegen das zuerst beobachtete Thermometer nach der Ablesung des anderen noch einmal nachgesehen. Ich lasse nun einen Auszug des Beobachtungsjournals folgen, da dessen vollständige Mittheilung überflüssig seyn dürfte. Der jedesmalige Witterungszustand ist durch die Zeichen *h* (heiter), *zh* (ziemlich heiter), *bw* (bewölkt in 2 Abstufungen), *w* (Wind in 4 Abstufungen 0 bis 3), *st* (stürmisch) angedeutet; auch habe ich zuweilen die Zeichen *r* (Regen) und *s* (Schnee) hinzugefügt. Die Thermometer sind nach Réaumur getheilt.

		Thermometer ° R.			Witterung
Beobachtungszeit		oben (<i>o</i>)	unten (<i>u</i>)	Untersch. (<i>o-u</i>)	
1854.	<i>h</i>				
Nov. 1.	8 M.	1,3	0,5	0,8	<i>h w₀</i>
2.	8 "	7,3	7,0	0,3	<i>bw₂ "</i>
3.	8 "	6,7	6,5	0,2	<i>" w₁</i>
	4 A.	6,4	6,4	0,0	<i>" w₃ r</i>
4.	8 M.	4,1	4,2	— 0,1	<i>bw₁ " "</i>
6.	8 "	4,0	4,0	0,0	<i>" w₃ "</i>
7.	8 "	0,8	0,5	0,3	<i>bw₂ w₀</i>
8.	9 "	5,2	5,1	0,1	<i>" w₁</i>
9.	8½ "	3,5	3,6	— 0,1	<i>" "</i>
	7½ A.	0,6	0,2	0,4	<i>h w₀</i>
10.	8 M.	1,7	1,7	0,0	<i>bw₂ w₁</i>
12.	8 "	0,8	0,8	0,0	<i>" w₂ s</i>
13.	8 "	— 7,1	— 7,8	0,7	<i>h w₀</i>
	1 A.	— 0,5	— 0,8	0,3	<i>" w₁</i>
14.	8 M.	— 4,6	— 4,8	0,2	<i>bw₁ w₀</i>
15.	8 "	— 2,2	— 2,2	0,0	<i>" w₁</i>
16.	8 "	— 1,1	— 1,5	0,4	<i>zh w₀</i>

Beobachtungszeit	oben (o)	unten (u)	Untersch. (o-u)	Witterung
1854.				
Nov. 17. 8 M.	0,4	0,2	0,2	sh w ₀
19. 9 "	1,5	1,5	0,0	bw ₂ w ₁
22. 8 "	-0,9	-0,9	0,0	" w ₂ s
24. 4 A.	2,7	2,4	0,3	bw ₁ w ₀
25. 8 M.	1,4	1,1	0,3	bw ₂ "
26. 1 A.	2,5	2,2	0,3	" "
27. 8 M.	0,4	0,2	0,2	bw ₁ "
Dec. 1. 9 "	5,6	5,5	0,1	" w ₃
2. 8 "	1,5	1,5	0,0	" w ₁
4. 12 "	6,0	6,0	0,0	" st
5. 8 "	4,5	4,5	0,0	bw ₂ w ₂
8. 8 "	0,2	0,2	0,0	bw ₁ w ₀
11. 9 "	2,3	2,0	0,3	" "
2 A.	2,7	2,4	0,3	h "
14. 8 M.	2,2	2,1	0,1	bw ₁ w ₂
17. 11 "	2,3	2,2	0,1	" w ₁
29. 9 "	-2,3	-3,0	0,7	h w ₀
1855.				
Jan. 9. 9 "	3,9	3,7	0,2	bw ₁ "
15. 9 "	-4,4	-4,7	0,3	" "
16. 8 "	-12,7	-13,2	0,5	" "
17. 9 "	-9,5	-9,7	0,2	" "
18. 8 "	-15,2	-15,8	0,6	" "
19. 8 "	-13,9	-14,1	0,2	" "
20. 9 "	-9,5	-9,3	-0,2	h "
22. 8 "	-12,6	-13,0	0,4	" "
23. 8 "	-7,1	-7,4	0,3	" "
24. 9 "	-3,5	-3,5	0,0	bw ₂ " s
26. 8 "	-5,9	-6,2	0,3	bw ₁ "
3 A.	-3,0	-3,5	0,5	h "
Feb. 1. 9 M.	-6,0	-6,0	0,0	bw ₂ w ₀ s
2. 8 $\frac{1}{4}$ "	-17,1	-18,0	0,9	h "
4 A.	-11,0	-11,5	0,5	" "
3. 8 M.	-15,9	-16,6	0,7	" "
4. 10 "	2,2	2,2	0,0	bw ₁ "

Beobachtungszeit		oben (o)	unten (u)	Untersch. (o-u)	Witterung
1855.					
Febr.	6. 9 M.	1,6	1,0	0,6	$bw_1 w_0$
	7. 8 "	0,3	0,3	0,0	$bw_2 "$
	9. 9 "	6,8	7,1	0,3	$h "$
	14. 9 "	5,5	5,7	0,2	$bw_1 "$
	16. 9 "	8,1	8,4	0,3	$zh "$
	1 A. —	4,4	5,0	0,6	$h "$
	18. 1 "	8,5	8,9	0,4	$" "$
	19. 9 M. —	12,1	12,3	0,2	$zh "$
	1 A. —	6,7	7,1	0,4	$h "$
	20. 9 M. —	10,1	10,1	0,0	$" "$
	21. 9 "	4,3	4,2	— 0,1	$bw_2 "$
	25. 1 A.	3,4	3,4	0,0	$" w_3$
	28. 8 M. —	4,7	5,0	0,3	$zh w_0$
März	1. 2 A.	4,7	4,6	0,1	$bw_2 w_1$
	3. 2 "	8,1	8,0	0,1	$bw_1 w_2$
	13. 9 M.	0,8	0,8	0,0	$bw_2 w_0 s$
	12 "	1,0	1,5	— 0,5	$" "$
	16. 2 A.	2,8	2,8	0,0	$" w_2$
	20. 9 M.	1,5	1,5	0,0	$" w_1 s$
April	2. 9 "	4,0	3,7	0,3	$bw_1 w_0$
	4. 5 A.	8,0	7,8	0,2	$" "$
	7. 6 "	7,2	7,0	0,2	$zh "$
	13. 4 "	12,0	11,8	0,2	$" "$
	17. 7 "	6,6	6,3	0,3	$h "$
	18. 1 "	13,3	12,7	0,6	$" "$
	20. 2 "	13,0	13,0	0,0	$bw_1 w_1$
Mai	2. 1 "	10,3	10,0	0,3	$h " NO$
	3. 1 "	14,1	13,4	0,7	$" "$
	4. 1 "	15,6	15,6	0,0	$bw_1 " W$
	7. 1 "	8,8	8,8	0,0	$" w_2 W$
	22. 1 "	17,2	16,6	0,6	$h w_1$
	23. 1 "	8,5	8,4	0,1	$bw_2 w_2 r$
	24. 1 "	19,3	19,0	0,3	$h w_1$
	26. 1 "	20,6	20,2	0,4	$" "$
	31. 1 "	21,0	20,5	0,5	$" w_2$

Beobachtungszeit.		oben (o)	unten (u)	Untersch. (o-u)	Witterung.
1855.					
Jun.	1. 1 A.	17,6	17,0	0,6	$bw_2 w_1$
	2. 1 "	20,2	20,1	0,1	$bw_1 w_2$
	3. 1 "	23,0	22,7	0,3	$zh w_1$
	4. 1 "	16,8	16,6	0,2	bw_1 "
	5. 1 "	18,8	18,3	0,5	h "
	7. 1 "	23,0	23,0	0,0	" "
	8. 1 "	24,3	24,3	0,0	" "
	10. 1 "	19,5	19,0	0,5	" "
	14. 1 "	16,5	16,2	0,3	" w_2
	18. 1 "	13,0	12,8	0,2	$bw_1 w_1$
Jul.	29. 1 "	19,8	19,2	0,6	h "
	2. 1 "	22,7	21,8	0,9	bw_1 "
	3. 1 "	21,0	20,6	0,4	$zh w_2$
	4. 1 "	12,0	11,1	0,9	$bw_2 w_1$
	5. 1 "	13,5	13,5	0,0	" " r
	7. 1 "	13,7	14,0	- 0,3	" " r
	9. 1 "	19,9	19,7	0,2	zh "
	10. 1 "	21,8	21,2	0,6	" "
	11. 1 "	16,0	16,0	0,0	$bw_1 w_2$
	12. 1 "	19,0	18,6	0,4	$zh w_1$
	13. 1 "	20,5	20,0	0,5	h "
	14. 1 "	21,7	21,4	0,3	" "
	16. 1 "	20,8	20,8	0,0	bw_1 "
	20. 1 "	14,2	14,2	0,0	$bw_2 w_2$
Aug.	31. 1 "	19,4	19,0	0,4	$zh w_1$
	1. 1 "	19,8	19,8	0,0	bw_1 "
	3. 1 "	19,3	19,2	0,1	$bw_2 w_0$
	28. 1 "	20,2	19,7	0,5	$h w_1$
	29. 1 "	21,7	21,0	0,7	" "
	30. 2 "	17,0	17,0	0,0	bw_1 "
Sept.	31. 1 "	17,2	16,7	0,5	h "
	1. 1 "	17,0	16,7	0,3	$zh w_1$
	3. 1 "	15,3	15,5	- 0,2	bw_1 "
	8. 1 "	13,4	13,0	0,4	h "
	9. 1 "	12,5	12,4	0,1	bw_1 " r

Beobachtungszeit	oben (o)	unten (u)	Untersch. (o-u)	Witterung
1855.				
Sept. 10. 1 A.	14,0	14,0	0,0	h w ₁
11. 1 "	15,1	14,8	0,3	" "
12. 1 "	15,1	14,7	0,4	" "
13. 1 "	15,5	15,3	0,2	zh "
14. 1 "	10,3	10,1	0,2	bw ₂ "
16. 1 "	10,6	10,5	0,1	" w ₂

Aus diesen Zahlenangaben ergeben sich unerwartete Unterschiede in den Anzeigen der in senkrechter Richtung nur $12\frac{1}{3}$ p. Fufs von einander entfernten Thermometer. Diese Unterschiede sind sehr wechselnd und steigen bis auf $0^{\circ},9$ R. Vergleicht man dieselben mit den zu den Beobachtungszeiten stattgehabten Zuständen der Atmosphäre und berücksichtigt dabei, dafs diese in manchen Fällen von den kurz vor den Beobachtungen da gewesenen mehr oder weniger verschieden gewesen, dann aber nicht ohne Einflufs auf den Stand der Thermometer geblieben seyn können, wie auch, dafs sehr geringe Luftbewegungen sich zuweilen der Wahrnehmung entzogen haben mögen, so wird man kaum bezweifeln können, dafs die fraglichen Unterschiede nur in der verschiedenen Höhe der Thermometer über dem Boden ihren Ursprung haben können, dessen von der Luft verschiedene und gewöhnlich (wenigstens im Schatten) niedrigere Temperatur die Wärme der unteren Luftschichten nothwendig afficiren mufs. Die Unterschiede sind im allgemeinen am grössten bei stiller Luft und heiterem Himmel, am geringsten und häufig 0, bei bewegter Luft und bewölktem Himmel, welche Zustände die Abkühlung des Bodens durch Wärmeausstrahlung und deren Mittheilung an die untere Luftschichten im ersten Falle begünstigen, im zweiten vermindern; so zeigt sich auch, dafs Regen und Schneefall die thermometrischen Unterschiede meistens aufheben und es machen gröfsere Aenderungen in der Luftwärme sich in demselben zuweilen bemerklich. Zu einer weiter gehenden Kenntnifs dieser Vorgänge würden Beob-

achtungen bis zu größeren Höhen mit mehreren Thermometern auszuführen seyn. Es ist wohl wahrscheinlich, daß die Höhe, bis zu welcher der Einfluß des Bodens (namentlich des beschatteten) sich erstreckt, nicht ganz unbedeutend seyn und mit den Jahres- und Tageszeiten, wie auch sonstigen Umständen wechseln werde.

Sodann entsteht die Frage, welche Lufttemperatur durch Thermometerbeobachtungen eigentlich zu ermitteln sey? Genau genommen doch wohl diejenige, welche durch den localen Einfluß des Bodens nicht berührt werden und welche dann mit der Temperatur der Bodenoberfläche zusammenzustellen wäre, um den Gang beider Temperaturen klar hervortreten zu lassen.

Unter den angegebenen Beobachtungszahlen kommen einzelne wenige vor, die negative Unterschiede ergaben, was daraus zu erklären ist, daß in diesen Fällen von einer eingetretenen kälteren Luftströmung das obere Thermometer zufällig früher als das untere berührt wurde. Man sieht daraus, welchen Anomalien die in freier Luft aufgehängten Thermometer ausgesetzt sind und wie wichtig zur Erlangung genauer Daten es ist, daß alle störenden Einflüsse möglichst vermieden werden.

In Beziehung auf die Uebereinstimmung der benutzten beiden Thermometer bemerke ich schließliche, daß bei deren wiederholter sorgfältiger Vergleichung in Wasser die Anzeigen beider bei Temperaturen von 30° bis 5° nicht um $\frac{1}{10}^{\circ}$ R. von einander abwichen; dasselbe zeigte sich, als beide Thermometer vor dem Beginn der Beobachtungen neben einander im Freien aufgehängt und so eine Zeitlang mit einander verglichen wurden.

*XIV. Weitere Versuche, welche die Verschiedenheit
des galvanisch ausgeschiedenen Wasserstoffgases
gegen das gewöhnlich dargestellte darthuen;*

von G. Osann.

Folgende zwei Versuche können als neue Beweise angesehen werden, daß das auf galvanischem Wege ausgeschiedene Wasserstoffgas eine grössere Wirksamkeit zeigt, als das auf gewöhnliche Weise erhaltene.

1. Ein 2' langes und $\frac{1}{2}$ " dickes Stück Kohle, geschnitten aus Bunsen'schen Kohlenelementen, frei von Eisen, Kalk und Schwefel, wurde in Wasser gekocht und hierdurch die in den Poren enthaltene Luft ausgetrieben. In diesem Zustand wurde sie in eine 2' lange Glasröhre gebracht und diese mittelst einer Kautschuckröhre mit einem Apparat verbunden, in welchem gewöhnliches Wasserstoffgas bereitet und nachdem es gereinigt worden war, in die Röhre geleitet wurde. Nachdem eine Zeit lang ein Strom dieses Gases durch die Röhre geleitet war, wurde eine einfache Lampe unter dieselbe gestellt und durch Erhitzen das Wasser aus den Poren der Kohle getrieben. Hierauf wurde die Lampe entfernt und während des fortwährenden Gasstromes die Röhre erkalten gelassen. Die Glasröhre wurde jetzt geneigt, was vermöge der Kautschuckröhre leicht geschehen konnte und mit dem offenen Ende in eine Auflösung von schwefelsaurem Silberoxyd gebracht. Das Kohlenstück rutschte jetzt längs der Glasröhre herab und gelangte in die Auflösung des Silbersalzes. Auf diese Weise wurde bewerkstelligt, daß das Kohlstück mit dem in den Poren befindlichen Wasserstoffgas mit dem Silbersalz in Berührung kam. Nach Verlauf von 12 Stunden und länger konnte auch nicht die geringste Wirkung des Wasserstoffgases auf das Silbersalz wahrgenommen werden. Die Kohle hatte sich mit feinen Bläschen von Wasserstoffgas beschlagen.

Wurde hingegen dasselbe Stück Kohle, nachdem es ausgewaschen und getrocknet worden war, in verdünnter Schwefelsäure auch nur eine Minute als negative Elektrode erhalten, so war es durch das in den Poren aufgenommene Wasserstoffgas in einen solchen Zustand versetzt, daß es, in obige Auflösung gebracht, schon nach einigen Minuten Silber auszuschcheiden vermochte. Nach 24 Stunden hatte sich ein ganzer Wulst von Silber um die Kohle herumgelegt. Das Silber war in einem solchen Maasse ausgeschieden, daß, als ich das Silber abfiltrirte und das Filtrat mit Salzsäure prüfte, nur eine ganz schwache Reaction erfolgte. Ich glaube, daß man hiervon eine sehr gute Anwendung in der analytischen Chemie machen könne.

2. Es wurden zwei Gaselemente, im Innern mit platinirten Platinstreifen versehen, von 5" Länge und $\frac{1}{2}$ " Durchmesser genommen, das eine mit gewöhnlich dargestelltem Wasserstoffgas gefüllt, das andere mit galvanisch dargestelltem. Beide tauchten dergestalt unter Wasser, daß die darin befindlichen Platinstreifen mit ihren Enden unter dem Wasserspiegel sich befanden. Die Gläschen, in welche sie tauchten, waren zur Hälfte mit Wasser angefüllt. Es wurde jetzt in diese Gläschen gleichviel Salpetersäure gegossen. Das Wasserstoffgas in beiden Röhren kam jetzt mit verdünnter Salpetersäure in Berührung, die bekannte Thätigkeit des feingetheilten Platins trat bald in Wirksamkeit; es zeigte sich aber ein auffallender Unterschied. In dem Gläschen, welches das galvanisch ausgeschiedene Wasserstoffgas enthielt, stieg die Flüssigkeit schneller als in dem, welches das gewöhnliche enthielt. — Der Versuch wurde mehrmals bei Wechselung der Gaselemente mit gleichem Erfolg wiederholt.

XV. *Beitrag zur Lehre von der Fluorescenz;* *von G. Osann.*

1. **E**s ist mir gelungen eine Flüssigkeit aufzufinden, welche zu den besten fluorescirenden Flüssigkeiten gehört und welche ungemein leicht und mit geringen Kosten dargestellt werden kann. Bekanntlich enthält unser gewöhnliches Kienrufs ein Harz, welches durch Weingeist aus demselben ausgezogen werden kann. Man übergießt Kienrufs mit Weingeist von 34 bis 35° B., läßt die Mischung einen Tag damit stehen und erhält nun eine gelbbraunliche Flüssigkeit, welche die Eigenschaft zu fluoresciren hat. In diesem Zustand ist die Flüssigkeit etwas zu concentrirt. Um den rechten Grad der Verdünnung zu finden, verfähre ich folgendermaßen. Ich nehme ein viereckiges Glasgefäß mit parallelen Wänden von ungefähr 1½" Höhe, giesse zur Hälfte Weingeist von obigem Grad hinein und füge nun von der Flüssigkeit hinzu. Indem man nun durch ein biconvexes Glas von kurzer Brennweite einen Lichtkegel in derselben erzeugt, kann man an der Intensität der Farbe desselben leicht erkennen, ob man den richtigen Grad der Concentration getroffen habe. Die Fluorescenz ist blaugrünlich, ähnlich der, welche durch einen Auszug aus Stechapfelsaamen erhalten wird. — Auch ist das Verhalten gegen farbige Gläser dasselbe. Hält man ein gelbbraunliches Glas zwischen das Auge und den fluorescirenden Lichtkegel, so gewahrt man denselben fast unverändert; sie verschwindet aber fast ganz, wenn man die Glasscheibe zwischen das convexe Glas und der Flüssigkeit bringt.

2. Beziehung der Fluorescenz zum elektrischen Licht. Man kann die elektrischen Lichterscheinungen offenbar in zwei Klassen eintheilen, Erscheinungen des elektrischen Funkens und Lichtaussendungen, welche dadurch entstehen, daß die Körper, durch welche die Elektricität sich hindurch bewegt, glühend werden. Ersteres Licht läßt sich

durch den Funken der Maschine, oder besser noch, weil stärker, durch den Inductionsapparat mit der Neeffschen Vorrichtung hervorbringen. Ich habe daher mit letzterem Apparat gearbeitet. Man verbindet den Inductionsapparat dergestalt mit einem Elektrometer, dafs der das Blei berührende Draht die negative Elektrode bildet. Ist der Apparat in Gang, so beobachtet man ein blaues Licht, welches wie ein Mantel sich um die Oberfläche des Drahtes legt. Es wurden nun folgende Flüssigkeiten in Reagenzgläschen bis zu einer gewissen Höhe gegossen, diese in der Höhe der Flüssigkeit gegen das elektrische Licht gehalten und von oben in das Gläschen gesehen: 1) Eine Auflösung von schwefelsaurem Chinin in Wasser. 2) Ein Absud der Rinde von Rostkastanien. 3) Ein weingeistiger Auszug der Saamen von Stechapfel. 4) Ein gleicher von Curcumaewurzeln. 5) Ein weingeistiger Auszug von Lackmus, (dispersirt gelbes Licht). 6) Eine Lösung von Blattgrün in Weingeist. Das Ergebnis dieser Versuche war: dafs die ersten fünf Flüssigkeiten fluorescirten, an der sechsten aber keine Fluorescenz wahrgenommen werden konnte. — Eine Wiederholung dieser Versuche gab dasselbe Resultat. Hiernach scheinen dem elektrischen Licht die Strahlen zu fehlen, welche in der Blattgrünlösung Roth erzeugen.

Ich stellte nun noch eine Reihe von Versuchen an, um die Wirkung des Lichts eines durch den Strom glühend gemachten Platindrahtes kennen zu lernen. Zu dem Ende wurde ein $1\frac{1}{2}$ " langer Platindraht so befestigt, dafs unter ihm Porcellanschälchen mit den oben erwähnten Flüssigkeiten gestellt werden konnten. Der Draht wurde nun durch den Strom zum Glühen gebracht und dann die Flüssigkeiten nach einander darunter gestellt. Diese Versuche wurden in einem im Innern schwarz angestrichenen optischen Cabinet angestellt. Der Erfolg dieser Versuche war: dafs bei keiner dieser Flüssigkeiten eine Fluorescenz wahrgenommen werden konnte. Diese Versuche wurden nun noch in der Art wiederholt, dafs, nachdem von den Flüssigkeiten in Reagenzgläschen gegossen worden war, diese

an den glühenden Draht gehalten wurden. Man sah jetzt von oben hinein, um zu sehen, ob Fluorescenz eingetreten sey. Auch unter diesen Umständen konnte keine Fluorescenz wahrgenommen werden. Nur die Flüssigkeit 5 erglänzte mit röthlichem Licht. Diefs ist jedoch die gewöhnliche Farbe, welche sie besitzt. Der Versuch zeigt, daß das Licht des glühenden Drahtes viel rothe Strahlen enthält. Diese Thatsache stimmt mit den Beobachtungen überein, welche ich erhielt, als ich gefärbte Papiere unter den Draht brachte.

XVI. *Untersuchung des grünen Stoffes wahrer Infusorien; vom Fürsten Salm-Horstmar.*

Zuvor muß ich vorerst wiederholen, daß das, was ich in diesen Annal. Bd. 94, S. 466 über das Grün der kleinsten Infusorien mitgetheilt habe, auf einem Irrthum beruht, indem Hr. Prof. Ehrenberg mich später belehrte, daß das Material meiner Untersuchung *keine* Infusorien, sondern kleinste Algen (*Coccodea viridis*) waren.

Ich theile nun die Untersuchung des grünen Stoffs aus wirklichen Infusorien mit, nämlich aus:

Euclena viridis.

Die auf dem Filter gesammelten sehr lebendigen Thierchen, getrocknet, mit Alkohol extrahirt, geben ein smaragd-grünes Extract mit gelblichem Stich, das das Licht *blutroth dispergirt*. Das bei gelinder Wärme zur *Trockenheit* eingedunstete Extract verhält sich wie folgt.

In *Wasser* löst es sich *nicht* merklich auf, auch nicht in der Wärme.

Ammoniak löst es mit gelbgrüner Farbe in der Wärme, die Lösung ist etwas trübe.

In *Aetzkali-Lauge* in der Wärme mit gelbgrüner Farbe etwas löslich.

In *Schwefeläther* sehr leicht löslich mit smaragd-grüner Farbe. Diese Lösung zeigt eine sehr starke *blutrothe* Dispersion des Sonnenlichtes sowohl als des Kerzenlichtes. Diese Flüssigkeit läßt keinen gefärbten Rückstand, wenn sie in einem offenen Probirglase der spontanen Verdunstung ausgesetzt wird. Der grüne Stoff hat also die merkwürdige Eigenschaft *sich mit Aether zu verflüchtigen*.

In *Terpentinöl* mit grüner Farbe leicht löslich, das Licht *blutroth dispergirend*.

Besonders ausgezeichnet ist das Verhalten dieses aus dem Alkoholextract erhaltenen trocknen grünen Stoffs bei der Erwärmung in der offenen Platinschale. Wird er nämlich darin schwach erhitzt, *ohne* daß die Platinschale zum Glühen kommt, so dampft er *ohne* zu schmelzen, und verbreitet einen Fischgeruch. Darauf bleibt ein schwarz-brauner Rückstand, der langsam in der Wärme *sich verflüchtigt* (wenn man die Erhitzung der Platinschale so fortsetzt, daß die Schale *nicht* zum Glühen kommt) und *ohne* daß dieser Rückstand sich entzündet, wenn das Platin glüht.

Verhalten der grünen alkoholischen Auflösung gegen Reagentien.

Wasser trübt sie anfangs schwach, wenn man ein gleiches Volum Wasser zusetzt. Die Trübung ist grün, beim Kochen wird alles klar und grün; sogar bei 5 Volumen Wasser wird sie noch nicht trübe nach dem Kochen und man kann nun 40 Volumen Wasser zusetzen ohne merkliche Trübung.

Essigsäure bewirkt grüne Trübung.

Bleizucker, grüne Trübung, später grüner Niederschlag, der in Alkohol leicht löslich ist, mit grüner Farbe *ohne* rothe Dispersion.

Essigsaures Kupfer, keine Trübung, erwärmt, schwache Trübung.

Salpetersaures Silber, keine Trübung, aber nach einigen Stunden ein grünlich schwarzer Niederschlag, die überstehende Flüssigkeit behält ihre grüne Farbe und rothe Dispersion, aber nach 12 Stunden wird sie blafs und der Niederschlag vermehrt.

Salpetersaurer Kalk, keine Trübung, die Farbe aber wird Oelgrün, keine rothe Dispersion mehr. Nach 12 Stunden ein Niederschlag und die Farbe verschwindet.

Salzsaure Thonerde in Weingeist gelöst, grüne Trübung und die Flüssigkeit entfärbt sich. Nach einigen Stunden grünlicher nicht flockiger Niederschlag.

Salzsäure giebt olivengrüne Färbung.

Auf Lackmuspapier weder saure noch alkalische Reaction.

Der grüne Stoff in der *Eulena viridis* ist also sehr wesentlich verschieden von dem grünen Stoff der Algen sowohl, als von dem Chlorophyll der Phanerogamen und der grünen Laubmose.

XVII. Ueber die Fluorescenz des Kaliumplatincyanürs und das Zerplatzen des galvanisch niedergeschlagenen Antimons.

Aus einem Briefe des Hrn. Dr. Rud. Böttger.

In Bezug auf Ihre Anfrage ¹⁾ vom 5. d. M. erlaube ich mir zu erwiedern, dafs die kleine in den Annal. Bd. 95 S. 176 von Ihnen mitgetheilte Notiz in Bezug auf die Fluor-

1) Sie wurde veranlaßt durch die Bemerkung des Hrn. Prof. Stokes im *Philosoph. Magazine*, Aug. 1855 p. 95, dafs es ihm nicht gelungen sey, an der Lösung des Kaliumplatincyanürs eine Fluorescenz zu beobachten, wie man diels näher aus seiner seitdem im Decemberheft 1855 der Annalen mitgetheilten Abhandlung (S. 541) erschen kann. P.

escenz des Kaliumplatincyans in der That von der Ihnen mündlich gemachten Angabe in sofern etwas abweicht, als ich mich erinnere, nur erwähnt zu haben, dafs mit einer sehr concentrirten Lösung dieses Salzes auf Papier erzeugte Schriftzüge in dem Lichte, welches bei der Verbrennung eines Stückchens Phosphor oder Schwefel in Sauerstoffgas auftritt, wie Gold glänzten, und dafs das Spectrum unter den bekannten Vorsichtsmafsregeln auf ein solches Papier geworfen, mir bei weitem ausgedehnter erschienen und die schwarzen Linien weit klarer hervorgetreten seyen, als bei ähnlicher Behandlung des Papiers mit einer Auflösung von angesäuertem schwefelsaurem Chinin, ja dafs man in einem völlig verfinsterten Zimmer, recht dicke, von einer sehr concentrirten Lösung herrührende Schriftzüge von Kaliumplatincyänur auf Papier schon schwach erkennen könne, wenn man Schwefelfäden in der atmosph. Luft abbrennen lasse. Eine wäfsrige *Lösung* des genannten Salzes habe ich dagegen nicht fluoresciren sehen, weder bei dem vorhin genannten Phosphor- und Schwefellichte, noch auch bei fortgesetzter Entladung Lane'scher Flaschen. Aehnliche Beobachtungen hat auch Werther (Erdm. Journ. Bd. 65, S. 349) gemacht, aber die Fluorescenz des Kaliumplatin-cyans nicht stärker gefunden, als die des schwefels. Chinins, wahrscheinlich deshalb nicht, weil er das Papier nicht hinreichend genug mit dem Salze imprägnirt hatte.

Aufserdem erlaube ich mir, Ihnen mitzutheilen, dafs das Bd. 95 S. 173 Ihrer geschätzten Annalen aufgeführte eigenthümliche Phänomen von auf galvanischem Wege aus einer Chlorantimonlösung abgelagertem Metall, ganz so wie Gore es mittheilt, auch von mir beobachtet worden ist. Ja ich besitze liniendicke auf Kupferblechstreifen abgelagerte Antimonniederschläge, die, obwohl in etwas geringerem Grade, an der Luft liegend, noch *nach acht Wochen* die auffallende Erscheinung beim Ritzen zeigten; ich bin eben damit beschäftigt zu untersuchen, ob bei der Zersprungung und zischenden Zerberstung des Metalls *unter Wasser* sich vielleicht eine Gasart werde nachweisen lassen können. Ich

vermuthe nämlich, daß das interessante Phänomen auf der Zersetzung einer auf galvanischem Wege erzeugten festen Antimon-Wasserstoffverbindung beruht; vielleicht werde ich bald nähere Data Ihnen hierüber zugehen lassen können.

Frankfurt a. M. d. 9. Novbr. 1855.

XVIII. Ueber die Ursache der Phosphorescenz des *Agaricus olearius*; von Hrn. Fabre.

(Compt. rend. T. XLI, p. 1245.)

Die Phosphorescenz bei lebenden Pflanzen ist eine sehr seltene Erscheinung, die nur bei einigen Arten der großen Klasse der Pilze wohl nachgewiesen ist. Besonders ist der *Agaricus olearius* in dieser Beziehung bezeichnet, und vom Prof. Delille, so wie neuerlich von Hrn. Tulasne, untersucht worden. Der letztere hat in seiner wichtigen Abhandlung über diesen Gegenstand hervorgehoben, welche Lücken in physisch-chemischer Beziehung noch auszufüllen sind, um die Ursache des Lichtphänomens dieses Pilzes auf eine positive Weise festzustellen. Diefes ist der Zweck der Versuche des Hrn. Fabre.

Nachdem er abermals, wie seine Vorgänger, dargethan, daß das Phänomen beim lebenden und ganz gesunden Pilze, besonders an den seinen Hut unten besetzenden Lamellen, stattfindet, weist er nach, im Widerspruch mit der Angabe von Delille, daß die Phosphorescenz nicht intermittirend ist, sondern bei Tage wie bei Nacht andauert. Seine Versuche haben ihm überdies folgende Resultate geliefert:

1) Eine Bestrahlung durch Sonnenlicht ist auf die Phosphorescenz dieses Pilzes, wenn man ihn hernach ins Dunkle bringt, ohne merklichen Einfluß. 2) Der hygrometrische Zustand der Luft hat keinen Einfluß, sobald er nicht bis zur Austrocknung der Gewebe geht, die der Sitz des Phä-

nomens sind. 3) Innerhalb gewisser Gränzen modificirt die Wärme das Phänomen nicht, aber eine Temperatur-Erniedrigung bis -8° oder 10° C. macht es verschwinden, ohne jedoch die Fähigkeit zu einer Wiedererzeugung desselben bei einer nachherigen Erhebung über diese Gränze zu vernichten, wenigstens allemal, wenn die Temperatur nicht längere Zeit zwischen 0 und 2° gehalten worden. Eine Temperatur über 50° C. vernichtet dagegen die Eigenschaft des Leuchtens im Dunklen vollständig, was, nach der Meinung des Verfassers, in beiden Fällen von einer Veränderung der Gewebe und der Flüssigkeiten des Pilzes herrührt. 4) Die Phosphorescenz ist gleich in lufthaltigem Wasser und in freier Luft; allein sie nimmt bei verlängertem Aufenthalt des Pilzes in demselben Wasser allmählich ab, und es läßt sich dann die Gegenwart gelöster Kohlensäure nachweisen. In Wasser, das durch Auskochen luftfrei gemacht worden, hört sie dagegen nach einigen Augenblicken auf, erscheint aber sogleich wieder, so wie man den Pilz an die Luft bringt. 5) Die Phosphorescenz hört auf im Vacuo, im Wasserstoff und in Kohlensäure, kommt aber darauf in Luft wieder zum Vorschein. Ein längerer Aufenthalt in Kohlensäure macht sie immer verschwinden, eben so wie eine sehr kurze Eintauchung in Chlor, welche das Gewebe des Pilzes sichtlich zerstört. 6) Reiner Sauerstoff erhöht den Lichtglanz nicht merklich; er scheint in diesem Gase derselbe zu seyn wie in Luft und lufthaltigem Wasser. 7) Der *Agaricus olearius* erzeugt, wenn er phosphorescirt, eine viel größere Menge Kohlensäure als er unter ähnlichen Umständen aushaucht, wenn seine Phosphorescenzperiode vorüber ist. Dagegen entwickelt er, mag er in dieser Periode befindlich seyn oder nicht, eine gleiche Menge Kohlensäure, wenn er in beiden Fällen einer niedrigeren Temperatur ausgesetzt wird, als zum Entstehen der Phosphorescenz erforderlich ist. Die Phosphorescenz dieses Pilzes ist also an die Erzeugung einer größeren Menge Kohlensäure gebunden und muß daher als ein Verbrennungs-Phänomen betrachtet werden. 8) Dennoch gelang es nicht, in den phosphorescirenden Theilen eine Temperatur-Erhöhung nachzuweisen.